

# **Célula robótica para sistema de posicionamento dinâmico de câmara fotográfica/vídeo**

*Francisco Manuel Dias Filipe Gonçalves*

**Dissertação do MIEM**

Orientador:

Prof. Paulo Augusto Ferreira de Abreu



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

**Opção de Automação**

Setembro de 2016



Aos meus pais



## Resumo

A automação é indiscutivelmente um dos pilares da sociedade corrente e consiste na execução das mais variadas tarefas sem ser necessária a intervenção humana. A nível industrial a automatização dos processos surge como determinante para garantir um aumento de produtividade e qualidade dos produtos finais.

Neste meio surgem os robôs industriais que substituem o operário na execução de tarefas repetitivas e em processos automáticos de soldadura, pintura, montagem de componentes, entre outros. Criados e pensados para maximizar a produção nas linhas de fabrico a sua utilização é comumente associada a um ambiente industrial. No entanto este trabalho pretende abordar um novo paradigma que muda o foco da indústria para as artes.

O objetivo desta dissertação envolve a conceção, programação e simulação de uma célula robótica para a captura de imagens/vídeos de um determinado objeto. Para este efeito foi desenvolvida uma aplicação informática, a disponibilizar na consola de operação do robô, que implementa um conjunto de procedimentos que facilitam a execução destas fotografias/vídeos.

Numa fase inicial, o trabalho envolveu a recolha de informação sobre diversas empresas, ou indivíduos, que utilizam robôs industriais para a captação de imagens ou para a gravação de vídeos. Uma das características mais evidentes destas utilizações é a dependência, de quem está no ramo, de *software* criado e desenvolvido exclusivamente para a aplicação em questão.

Este trabalho propõe a utilização do *software robotstudio* da empresa *ABB*, como forma de criar uma série de rotinas e sub-rotinas que posicionem a câmara de tal forma que esta capture imagens de diversos ângulos sequencialmente, automatizando o processo de fotografia e vídeo.

Foram consideradas para este trabalho a utilização de câmaras com lentes de distâncias focais fixas de 50, 40 e 35mm, com o intuito de pré-configurar a programação das trajetórias/posicionamento do robô. É assim possível estabelecer a distância do elemento terminal do robô ao objeto em questão conforme a lente utilizada.

Por fim foi efetuada uma simulação da programação desenvolvida para a implementação da produção de fotografias/vídeo.



# Robotic cell for dynamic positioning of camera/camcorder

## Abstract

Automation is undoubtedly one of the pillars of current society and involves carrying out a variety of tasks without requiring human intervention. At an industrial level, the automation process emerges as a crucial element that ensures increased productivity and quality of the final products.

It is in this context that the industrial robots appear, replacing the worker in the execution of repetitive tasks and in automated processes such as welding, painting as well as the assembly of different parts. Created and designed to maximize production lines, the robots' use is commonly associated to industry. Yet, the following study shall attempt to address a new paradigm that focuses on the arts rather than industry.

The object of this thesis involves the concept, programming and simulation of a robotic cell to capture images or videos of a given item. To this effect, a computerized application was developed – that runs on the robot flexpendent – which implements a set of procedures that simplify the execution of these photographs or films.

Initially, the work involved gathering information on a variety of companies, or individuals, who use these industrial robots to capture images or record videos. One of the most evident characteristics of these uses is the dependence, of those in the business, of the software created and developed exclusively for the aforementioned application.

This paper proposes the use of the 'robotstudio' software, designed by the enterprise known as ABB, in order to create a series of instructions and sub-directives that will, ultimately, position the camera in a way that allows for the images to be captured sequentially from various angles, consequently automating the photography process.

For the purpose of this thesis, cameras with a fixed focal distance of 50mm, 40mm and 35mm are employed with the intent of pre-configuring the programming pertaining to both the trajectories and positioning of the robot. It is thus possible to establish the distance of the final element of the robot towards the object in question depending on which lens is used. Finally, a simulation of the program, developed for the implementation of the production of photographs/films, was carried out.





## Agradecimentos

Em primeiro lugar quero deixar aqui o meu profundo agradecimento ao meu orientador, o Doutor Professor Paulo Augusto Ferreira de Abreu, por toda a sua disponibilidade, incansável dedicação e por todo o apoio que me deu ao longo deste semestre.

Agradeço também ao coordenador da opção de Automação, o Professor Fernando Gomes de Almeida, pelas iniciativas tomadas e pelo criticismo construtivo com o intuito de melhorar a nossa formação.

À minha família por sempre me apoiarem e acreditarem em mim mesmo quando as circunstâncias não foram as melhores. Um especial obrigado aos meus pais por todo o carinho, apoio, por serem indiscutivelmente os pilares da minha formação e a razão de estar aqui.

Deixo também o meu agradecimento aos meus colegas de curso por todos os momentos de companheirismo, de descontração e por todo o apoio que me deram.

Ao grupo de “DnD” por me acompanharem em todos os momentos.

Por último um especial obrigado à Philipa Brebner e à Cláudia Moreno por terem sempre caminhado ao meu lado.



# Índice de Conteúdos

Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Conteúdos.....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
1 Introdução .....	1
1.1 Enquadramento do Projeto e Motivação .....	1
1.2 Objetivos da dissertação.....	1
1.3 Organização .....	1
1.4 Introdução aos sistemas automáticos utilizados em produção fotográfica e cinematográfica.....	2
1.5 Sistemas robóticos utilizados na produção fotográfica.....	3
1.6 Sistemas robóticos utilizados na produção cinematográfica .....	4
1.7 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) .....	7
1.8 Sistemas não robóticos.....	8
2 Fotografia de produto e câmaras fotográficas .....	13
2.1 Introdução.....	13
2.2 Fotografia de produto.....	13
2.3 Câmara fotográfica .....	14
2.4 Controlo remoto para disparo de uma câmara .....	19
3 Conceção e configuração da célula robótica .....	21
3.1 Introdução.....	21
3.2 Conceção da célula robótica.....	21
3.3 Configuração da célula robótica.....	24
4 Criação e implementação dos percursos utilizados e interface com o utilizador .....	29
4.1 Introdução.....	29
4.2 Ecrã inicial .....	29
4.3 Modo posicionar objeto.....	30
4.4 Modo fotografia.....	31
4.5 Modo vídeo.....	43
5 Conclusões e trabalhos futuros .....	45
5.1 Conclusões.....	45
5.2 Trabalhos futuros.....	46



## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Robophot em ação [2] .....	3
Figura 1.2 - Robô Bolt da empresa MrMoco [4] .....	4
Figura 1.3 - Ecrã inicial do programa Flair [5] .....	5
Figura 1.4 - Instrução move no programa Flair [5].....	6
Figura 1.5 - Modo de simulação no programa Flair [5].....	6
Figura 1.6 - Robô Spike da empresa The Marmalade [9] .....	7
Figura 1.7 - Drone equipado com câmara [12] .....	8
Figura 1.8 - Sistema de mesa rotativa para fotografia de um carro [13].....	9
Figura 1.9 - Plataforma rotativa para utilização em fotografia time-lapse [16].....	10
Figura 1.10 - Sistema de posicionamento automático horizontal para time-lapse [18].....	10
Figura 1.11 - Operador a comandar grua com câmara acoplada [19].....	11
Figura 2.1 - Setup de uma garrafa de vinho para fotografia de produto [22] .....	14
Figura 2.2 - Esquema ilustrativo do funcionamento de uma lente.....	14
Figura 2.3 - Diferentes ângulos de visão de uma câmara fotográfica.....	15
Figura 2.4 - Diferentes aberturas do diafragma de uma câmara [24] .....	16
Figura 2.5 - Comparação entre um ISO 200 e um ISO 3200 [26] .....	17
Figura 2.6 - Diferentes dimensões de um sensor fotográfico (adaptado de [28]).....	17
Figura 2.7 - Comando utilizado para controlar remotamente o obturador [31].....	19
Figura 2.8 - Controlo de uma câmara Canon através da utilização do software EOS [31] .....	20
Figura 3.1 - Espaço de trabalho do robô com zona limite .....	21
Figura 3.2 - Espaço de trabalho do robô com zona limite e zona de segurança .....	22
Figura 3.3 - Direção frontal.....	22
Figura 3.4 - Direção lateral direita .....	23
Figura 3.5 - Direção lateral esquerda.....	23
Figura 3.6 - Direção de topo .....	23
Figura 3.7 - Esquema do robô IRB 2400-16 da empresa ABB [32].....	25
Figura 3.8 - Espaço de trabalho utilizado .....	25
Figura 3.9 - Pormenor do ponto preferencial utilizado e do seu referencial.....	26
Figura 3.10 - Referenciais Base .....	27
Figura 4.1 - Ecrã inicial do programa na consola .....	30
Figura 4.2 - Primeira posição assumida pelo robô após o modo posicionar objeto ser iniciado .....	30
Figura 4.3 - Janela da consola após ser selecionado o modo posicionar objeto .....	31
Figura 4.4 - Menu de fotografia .....	31
Figura 4.5 - Exemplo de dois percursos horizontais no modo fotografia .....	32
Figura 4.6 - Vista 3D de vários percursos horizontais.....	32
Figura 4.7 - Inclinações utilizadas na definição de cada um dos percursos.....	33
Figura 4.8 - Parte do código correspondente ao percurso com inclinação de 30° e utilizando a lente de 50mm.....	33
Figura 4.9- Inclinação do modo horizontal na fotografia .....	34
Figura 4.10 – Input manual da inclinação no modo horizontal .....	34
Figura 4.11 - Distância ao objeto pretendida no modo horizontal.....	35
Figura 4.12 - Input manual da distância pretendida no modo horizontal .....	35
Figura 4.13 - Ecrã de confirmação.....	36
Figura 4.14 - Input do tempo de espera em cada posição modo horizontal.....	36
Figura 4.15 - Vista 3D de vários percursos verticais .....	37
Figura 4.16 - Aberturas utilizadas na definição dos percursos verticais.....	37
Figura 4.17 - Parte do código correspondente a uma abertura de 60° no lado esquerdo aquando da utilização de uma lente de 40mm.....	38
Figura 4.18 – Modo vertical. Lado da peça a fotografar.....	38

Figura 4.19 - Definição do ângulo de abertura no modo vertical .....	39
Figura 4.20 - Vários percursos obtidos através do modo zoom in/out .....	39
Figura 4.21 - Display após o percurso do robô ter sido completado no modo Zoom In/Out .....	40
Figura 4.22 – Display após ter sido selecionado o modo avançado .....	41
Figura 4.23 - Display caso seja selecionado o lado esquerdo ou direito .....	41
Figura 4.24 - Distância a introduzir medida na horizontal .....	42
Figura 4.25 - Altura a introduzir medida na vertical.....	42
Figura 4.26 - Ângulo que a câmara deverá fazer com a horizontal .....	42
Figura 4.27 - Percursos existentes no modo vídeo.....	43
Figura 4.28 – Input da velocidade do percurso no modo vídeo.....	43
Figura 4.29 - Espiral criada no software Solidworks.....	44
Figura 4.30 - Incorporação da espiral no ambiente de trabalho.....	44

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento do Projeto e Motivação

Esta dissertação de mestrado enquadra-se como projeto final do 5º ano do curso de Engenharia Mecânica, especialização de Automação, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O tema desta dissertação aborda a possibilidade da utilização de um robô industrial em aplicações relacionadas com a fotografia de produto incluindo também a realização de vídeo.

Surge assim como que um novo paradigma onde o programador assume uma posição preponderante na qual a sua versatilidade é posta à prova de forma a romper com a tradicional visão dos robôs industriais. Isto acarreta novos desafios quer ao nível da estruturação do código, quer a nível mental de criar novas soluções no campo da fotografia e da produção de vídeo.

## 1.2 Objetivos da dissertação

O principal objetivo desta dissertação é a conceção, programação e simulação de uma célula robótica dedicada à captura de imagens/vídeos, a utilizar na área da fotografia de produto.

Para isso é necessário compreender os aspetos principais que envolvem a fotografia de produto em particular a utilização de máquinas com lentes de distâncias focais distintas.

Em termos de programação do robô o objetivo é conseguir disponibilizar uma aplicação que permita a um fotógrafo definir/configurar um conjunto de posições/trajetórias de uma forma expedita, de modo a poder utilizar o robô na produção fotográfica. Esta aplicação deve disponibilizar uma interface gráfica interativa permitindo a operação do robô por um utilizador não especialista.

## 1.3 Organização

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos.

No primeiro capítulo, Introdução, faz-se um enquadramento da dissertação. São apresentados alguns sistemas automáticos e semiautomáticos que são atualmente utilizados na produção cinematográfica e fotográfica. São referidos ainda outros sistemas que não se enquadrando nesta categoria foram considerados relevantes para a realização deste trabalho.

No segundo capítulo, Fotografia de produto e câmaras fotográficas, é referido o impacto da seleção de uma lente fotográfica nos vários tipos de fotografia existente. É dado especial destaque à fotografia de produto como processo que se pretende implementar com recurso à célula robótica.

No terceiro capítulo, Conceção e configuração da célula robótica, é apresentado como se procedeu à conceção e configuração da célula robótica. É explicado em detalhe todo o processo seguido.

No quarto capítulo, Criação e implementação dos percursos utilizados e interface com o utilizador, são expostos os percursos implementados desde a sua conceção à sua simulação. O utilizador assume controlo da célula robótica através de uma interface programada para esta aplicação e que é apresentada neste capítulo.

Por fim, no quinto capítulo, Conclusões e trabalhos futuros, são apresentadas as conclusões retiradas deste trabalho assim como algumas sugestões para trabalhos futuros nesta área.

## 1.4 Introdução aos sistemas automáticos utilizados em produção fotográfica e cinematográfica

Automação – “Neologismo criado em 1947 nos E.U.A, e definido como a «transferência automática de peças de uma máquina para a outra, no processo gradual de produção» (Harder), ou «o meio de analisar, organizar e comandar os processos de produção mecânicos e humanos» (Diebold). Das muitas definições que se seguiram salientamos a de M.Naslin: «a substituição, por órgãos tecnológicos, dos órgãos humanos de esforço, memória e decisão». Embora muito antigo o interesse do homem pelos dispositivos automáticos, só a partir do início deste século esse interesse deu origem a aplicações industriais generalizadas. Terminara a fase da «mecanização», na qual a força muscular fora substituída pela máquina, e entrava-se na fase da «automatização», na qual o esforço de repetição, efetuado ainda pelo homem, foi eliminado pela introdução de sistemas mecanizados, trabalhando segundo programas, e cujos erros eram verificados e corrigidos pelo homem. Três décadas mais tarde (...) Os sistemas automáticos adquiriram sistemas de realimentação ou retroação (*feedback*)...” (in Verbo Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura, 1965, Terceiro Volume, pág. 48)

Não é fácil associarmos esta ideia a algo tão delicado como as artes, onde tudo leva o seu tempo. A mais simples peça tem que ser pensada ao pormenor e muitas vezes acaba como sendo um trabalho único incapaz de ser reproduzido numa linha de fabrico. Pretende-se desconstruir esta ideia da associação de sistemas automáticos a linhas de produção e mostrar que estes também podem ser utilizados noutras aplicações.

Este capítulo apresenta algumas das soluções existentes atualmente no mercado ao nível da produção cinematográfica e fotográfica que utilizam sistemas automáticos, ou semiautomáticos, como forma de posicionamento da câmara. São também referidos outros sistemas que, não se enquadrando diretamente em nenhuma destas categorias, foram considerados relevantes para o trabalho devido à sua ampla utilização no mundo da imagem (fotografia e vídeo).



## 1.5 Sistemas robóticos utilizados na produção fotográfica

Na fotografia a utilização mais proeminente de um robô é feita por Daniel Boshung [1]. Começou a sua carreira como fotógrafo em Nova Iorque nos anos 80 numa altura em que estava na moda a captura de grandes retratos. Após ter sofrido um acidente de bicicleta onde fraturou uma das suas vértebras e que o deixou paralisado da cintura para baixo encontrou a inspiração para este projeto quando estava a ser operado por uma equipa de cirurgiões que, através do controle de um robô propriamente equipado para o efeito, aparafusaram parafusos de titânio à sua vértebra fraturada. Surgiu-lhe assim a “*The machine view*”, ou “a visão da máquina”.

Criou o conceito “*The machine view*” em que se foca na captura de imagens utilizando a interação entre homem e máquina desde a era analógica até à digital substituindo o fotógrafo por um robô, alterando assim a perspetiva subjetiva do ser humano por uma perspetiva mais objetiva por parte da máquina.

Para a implementação deste conceito é utilizado um robô industrial de seis eixos da *ABB* equipado com uma *Canon 5D Mark II* e uma macro lente de 180mm. Todos os movimentos são controlados por computador permitindo a captura automática de múltiplas macro fotografias. Com um *software* apropriado e desenvolvido para esta aplicação estas fotografias são posteriormente sobrepostas, para criar uma imagem com uma resolução muito superior à conseguida em imagens que tenham sido captadas normalmente. Esta técnica é utilizada para cartografar pinturas com resoluções de tal forma elevada que é possível que estas sejam aumentadas múltiplas vezes.

Existe também um projeto do mesmo artista que em vez de utilizar pinturas utiliza várias pessoas como modelos e criam exposições denominadas “*face cartography*”, que pode ser observado na figura 1.1 [2]. O objetivo deste projeto, segundo o artista, é observar a reação das pessoas quando se deparam com um mega retrato que é composto por mais de 900 milhões de pixéis. É considerado estranho e perturbador uma vez que desafia a conceção de imagem a que o ser humano está habituado. Formada por 600 imagens combinadas numa só este não se torna desfocado quando alguém se aproxima mas, pelo contrário, vai ganhando cada vez mais detalhe [3].



Figura 1.1 - Robophot em ação [2]

## 1.6 Sistemas robóticos utilizados na produção cinematográfica

Os sistemas robóticos utilizados na produção cinematográfica são passíveis de ser observados sobretudo na produção de filmes e de anúncios em que há necessidade de dispor de movimentações da câmara em trajetórias particulares e com necessidades de posicionamento preciso de forma a poder acompanhar o alvo desejado obtendo efeitos visuais particulares. Neste tipo de sistemas são de referir os dois abaixo indicados.

O primeiro pertence à empresa *MrMoco* (*Marc Robots Motion Control*) [4] e denomina-se *Bolt*. Este sistema utiliza um robô industrial de seis eixos da *Staubili* que se encontra fixo ao solo e que movimenta a câmara como pode ser observado na figura 1.2. Uma das aplicações deste sistema é a sua utilização na captura de imagens sequenciais de um objeto em queda cuja realização seria impossível de ser feita de outro modo. O seu controlo é feito através do *software Flair* desenvolvido pela própria empresa e que permite o planeamento da produção do vídeo e a programação do robô de forma expedita.

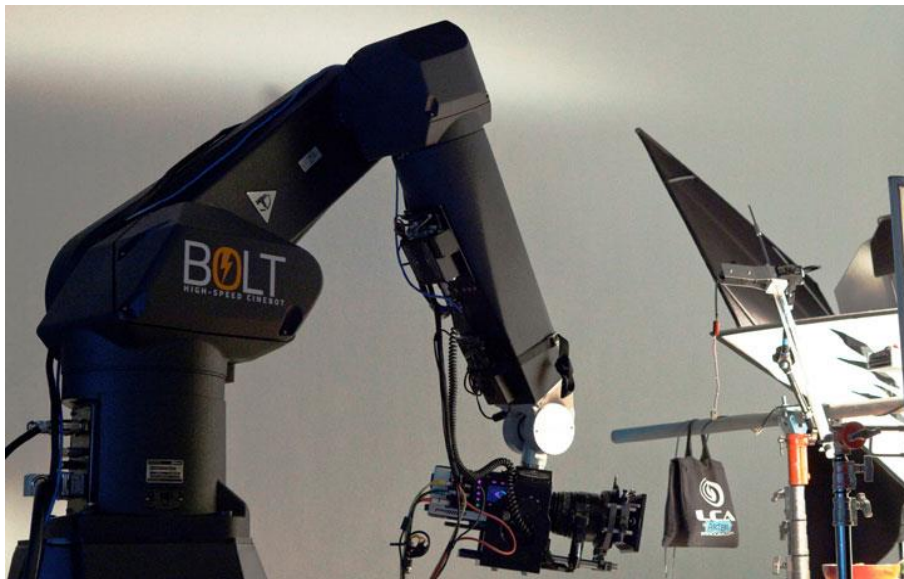


Figura 1.2 - Robô Bolt da empresa MrMoco [4]

O *software Flair* foi desenhado para ser utilizado com um rato de 3 botões uma vez que cada um destes têm uma função específica. O botão do lado esquerdo serve o propósito normal de seleccionar o item sobre o qual o cursor estiver sobreposto. O botão do meio serve como botão de paragem independentemente da fase em que o programa se encontre. Finalmente o botão do lado direito serve para guardar informação no programa.

Quando o programa é aberto a janela que se abre é a representada na figura 1.3. Esta área de trabalho encontra-se dividida em duas secções diferentes. A primeira permite ao utilizador configurar como pretende posicionar os eixos do robô. A segunda, na parte inferior da imagem, consiste numa série de botões e opções que atuam directamente sobre a câmara montada no sistema.

É um programa extremamente intuitivo que permite controlar os motores de cada eixo através da definição da sua rotação ou então quanto é que o eixo se desloca nas unidades seleccionadas como por exemplo centímetros ou polegadas. A configuração dos eixos deverá ser feita previamente à utilização do programa para facilitar o controlo da câmara.

Na parte inferior da janela o programa permite o controlo da câmara de filmar que está acoplada ao seu elemento terminal. Aqui é possível seleccionar os *frames* por segundo que serão captados pela câmara e ativar a simulação através do botão *fwd run*.

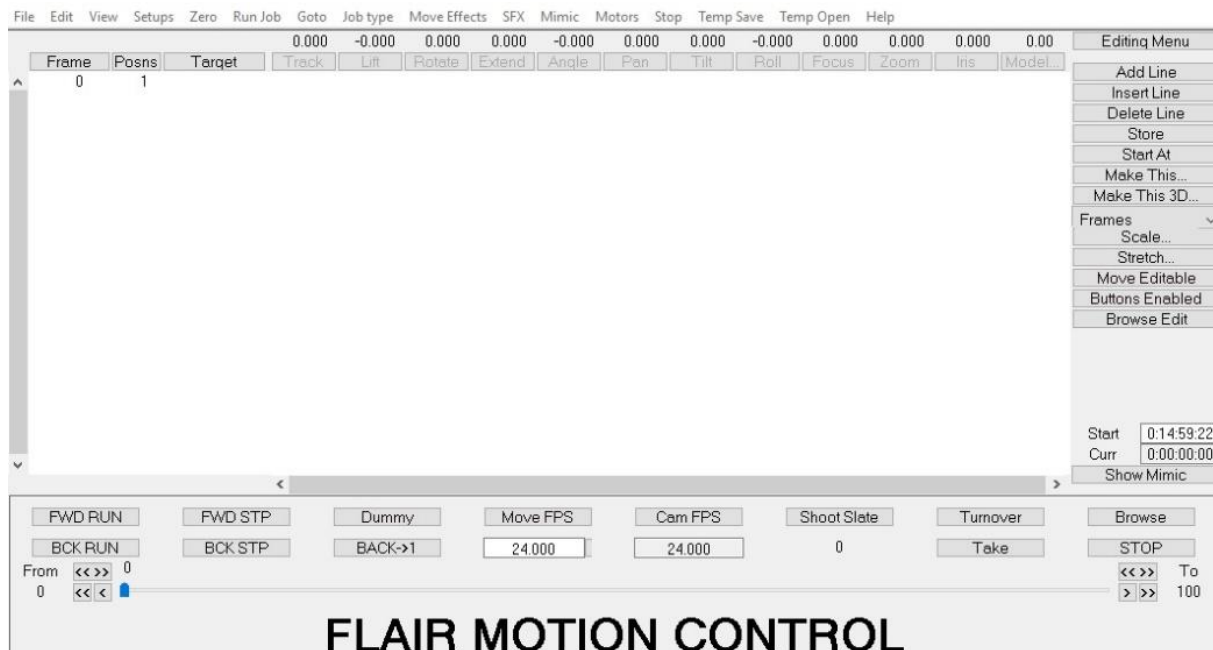


Figura 1.3 - Ecrã inicial do programa Flair [5]

Um exemplo de uma instrução neste *software* é apresentada na figura 1.4. São listadas três linhas de instruções. Cada linha corresponde a uma dada posição/orientação do robô. Associada a cada posição existe a possibilidade de definir o número de *frames* a serem adquiridos na movimentação entre posições consecutivas. Na primeira coluna do lado esquerdo, *frame*, é escolhido o número de *frames* que se pretende filmar entre cada posição. A segunda coluna serve de referência para a posição em que o robô se encontra. A coluna *target* aparece vazia porque apenas é utilizada para movimentos mais complexos quando há a necessidade de ter a câmara a seguir um alvo específico.

As colunas seguintes dizem todas elas respeito aos eixos, ou motores como são chamados, do robô que vão permitir o controlo da câmara. Aquelas que se encontram a cinzento e com os respetivos valores a nulo significa que não estão a ser utilizadas neste movimento. A primeira coluna *track* representa a distância percorrida pelo robô caso se encontrasse montado sobre carris.

Todos os valores representados estão expressos em centímetros exceto as colunas *rotate* e *angle* que estão expressas em graus.

Frame	Posns	Target	Track	Lift	Rotate	Extend	Angle	Pan	Tilt
0	1		0.300	0.213	0.240	0.544	-0.688	0.000	0.000
100	2		-0.084	0.307	-0.444	1.056	-1.272	0.000	0.000
200	3		0.324	-0.036	0.156	1.056	-0.728	0.000	0.000

Figura 1.4 - Instrução move no programa Flair [5]

A acompanhar o modo de vista numérico do programa está disponível uma simulação gráfica da movimentação do robô sobre um eixo linear. A posição “zero” do robô é apresentada na figura 1.5 através de uma imagem retirada da parte de simulação do *software*. É de referir que apenas se trata de uma imagem meramente ilustrativa que não pretende mostrar o robô *Bolt* apresentado anteriormente, uma vez que este não faz parte do *software* base disponibilizado pela empresa. Apenas com a sua aquisição, ou aluguer, seria possível a sua utilização neste programa. Uma das mais-valias deste modo de *software* é o facto de ter sido desenhado especificamente para ser utilizado com câmaras de filmar, permitindo que o utilizador perceba facilmente que partes da cena é que estão ou não a ser capturadas.

Existe ainda um terceiro modo denominado de modo gráfico o qual permite a visualização do movimento dos diferentes eixos, através da criação de um gráfico, ao longo do tempo [6].

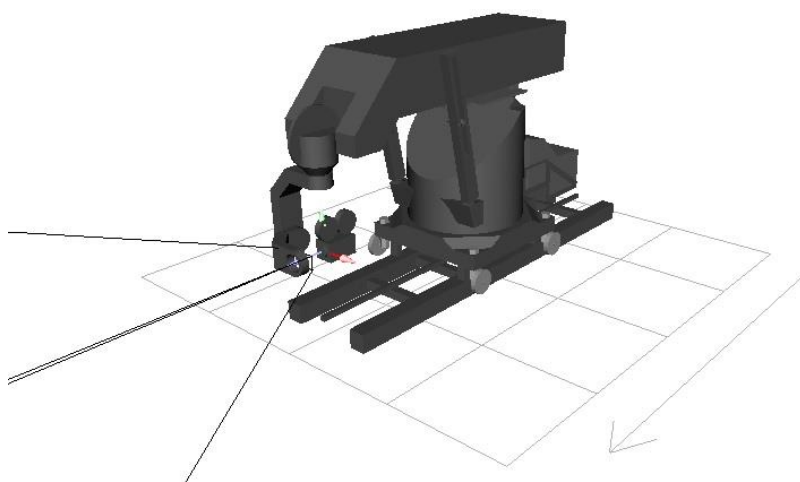


Figura 1.5 - Modo de simulação no programa Flair [5]

O segundo exemplo é o robô *Spike* da empresa *The Marmalade* [7], representado na figura 1.6.

Sediada na Alemanha esta empresa é apresentada como sendo dedicada à engenharia visual e conquistou em 2015 um *World Technology Award* [8] na categoria de entretenimento entregue pela *World Technology Network*. Trata-se de uma organização que pretende distinguir um indivíduo, ou companhia, pelo seu contributo na área das ciências, tecnologias, artes e *design*.

O prémio atribuído a Christian Fritz e Jan Gwiasda na categoria de entretenimento foi graças ao seu contributo no desenvolvimento do sistema *Spike*.

O sistema utiliza um robô industrial de seis eixos da *Staubili* que se encontra fixo ao solo para movimentar uma câmara de filmar. No entanto é capaz de sincronizar até oito eixos adicionais caso seja necessário dispor de eixos de movimento suplementares, quer para a câmara, quer para o produto a filmar. Pesa 250kg e possui um alcance de braço igual a 1,6m.

O elemento terminal está equipado de forma a poder acoplar qualquer câmara digital existente no mercado. Segundo os seus criadores o *software* que comanda este robô foi desenvolvido de raiz pela equipa.



Figura 1.6 - Robô Spike da empresa The Marmalade [9]

## 1.7 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)

Os veículos aéreos não tripulados (VANT) [10], conhecidos como *drones*, foram utilizados desde a década de 90 pelos Estados Unidos da América na Guerra do Golfo e estiveram sempre muito ligados aos ramos militares uma vez que permitem fazer tarefas de elevado risco sem pôr em causa a vida de pilotos. Entre as possíveis utilizações a nível militar destacam-se a vigilância de alvos, reconhecimento de terreno, apoio aéreo às tropas terrestres ou então o patrulhamento da orla costeira.

Considerados robôs voadores têm, nos últimos anos, surgido na área de recreação e lazer, dispondo de sistemas de controle remoto, câmara de vídeo e uma autonomia de voo considerável. Os mais avançados, entenda-se os mais caros, muitas vezes já possuem equipamento que permitem a transmissão em direto, via *Bluetooth*, da imagem da câmara. A figura 1.7 apresenta um *drone* comercial dotado de câmara de vídeo e armazenamento através de um cartão micro SD permitindo a captura de imagens ou de vídeos de curta duração [11].

Estes dispositivos são adequados para a captura de imagens/vídeos em espaços abertos mas tem uma aplicabilidade reduzida na fotografia de produto. Atualmente são passíveis de serem observados em concertos, festas de aniversário e outros eventos em geral.



*Figura 1.7 - Drone equipado com câmara [12]*

## 1.8 Sistemas não robóticos

### 1.8.1 Sistemas de posicionamento de produtos para fotografia

No campo da fotografia de produto são muito utilizadas mesas rotativas para posicionamento dos objetos. Existem mesas que podem ser controladas de forma manual ou automática, permitindo que o objeto se movimente a velocidade constante ou seja indexado numa determinada posição. Nestes sistemas a câmara encontra-se normalmente fixa através do auxílio de um tripé e o fotógrafo apenas necessita de disparar quando pretender captar determinada vista do objeto.

É assim possível posicionar o objeto e automatizar o processo de produção fotográfica. Na figura 1.8 é possível observar um carro posicionado em cima de uma mesa rotativa enquanto a estação de trabalho do fotógrafo se mantém fixa a uma distância considerável. Esta estação, composta por um tripé e um computador, permite o ajuste de altura da câmara e o descarregamento imediato das



fotografias em suporte digital onde serão posteriormente retocadas através da utilização de programas apropriados para o efeito.

Existem disponíveis no mercado uma diversificada oferta deste tipo de sistemas de posicionamento de um só eixo e que podem ser encomendados *online*. Os sistemas mais simples podem ser adquiridos por algumas dezenas de euros enquanto os mais caros chegam à ordem das centenas dependendo do que o consumidor pretende a nível de dimensões, capacidade de carga, velocidade de rotação e capacidade de controlo de posição e velocidade.

Estes sistemas não são só utilizados na fotografia, como também são passíveis de serem observados em exposições quando se pretende que determinado objeto cause um maior impacto no público através da sua rotação.



Figura 1.8 - Sistema de mesa rotativa para fotografia de um carro [13]

### 1.8.2 Sistemas de posicionamento de câmara para fotografia *time-lapse*

A fotografia *time-lapse* [14] é uma técnica cinematográfica que consiste na diminuição da frequência com que os *frames* de um filme são capturados. Estas imagens ao serem reproduzidas à velocidade normal dão a sensação que o tempo avança mais rapidamente.

Normalmente num filme são adquiridos 24 *frames* por segundo, sendo reproduzidos à mesma frequência. Se a captura for feita, por exemplo, a uma frequência de 6 *frames* por segundo ao ser reproduzida a uma cadência de 24 *frames* por segundo é possível obter um efeito de compactação do tempo onde aparenta que este passa mais depressa do que o que realmente acontece.

Esta técnica é muito utilizada quando se pretende filmar eventos que duram vários minutos, horas ou até mesmo dias e condensar essa informação num vídeo de curta duração. Este processo é possível graças à existência de dispositivos programáveis que são ligados a câmaras fotográficas e que permitem configurar o intervalo com que se pretende fotografar [15].

Em termos de posicionamento de câmara existem várias soluções. Tipicamente a câmara fica numa posição fixa e única durante o processo de captura. No entanto, também existem dispositivos que permitem posicionar angularmente, ou linearmente, a câmara de uma forma automática movendo-a entre posições sucessivas.

Uma destas plataformas, desenvolvida pela empresa *Syrp*, é apresentada na figura 1.9. Esta solução é desenhada para ser acoplada a um tripé fazendo com que a parte superior deste se torne rotativa. A velocidade angular, ou o ângulo podem ser programadas bem como a frequência de aquisição de imagens.



*Figura 1.9 - Plataforma rotativa para utilização em fotografia time-lapse [16]*

A solução apresentada anteriormente apenas permite a rotação da câmara, no entanto e caso assim se deseje, é possível obter movimentos lineares com a utilização de carris de suporte motorizados [17] como é o caso dos fabricados pela empresa *Rhino*. É apresentado na figura 1.10 o sistema *Rhino Slider EVO Carbon* que possui um curso de 610mm sendo programável e dispondo de um comando de controlo remoto.



*Figura 1.10 - Sistema de posicionamento automático horizontal para time-lapse [18]*

### 1.8.3 Sistemas semiautomáticos de gruas para câmaras de filmar

Outro sistema semiautomático muito utilizado na indústria cinematográfica para a captura de grandes planos aéreos é a grua. O principal objetivo deste sistema é levantar a câmara de modo a conseguir um ângulo maior de visão. É comum serem utilizados em filmes onde se pretende ter um grande plano de um determinado cenário a afastar-se ou a aproximar-se. Outra aplicação é na produção de eventos desportivos ou musicais pois permitem grandes planos dos atletas, artistas ou da multidão presente.



São considerados sistemas semiautomáticos pois o operador de câmara é responsável pelo posicionamento da grua assim como o movimento, ascendente ou descendente, que é realizado por esta. Existem sobretudo dois tipos de gruas de filmagens e distinguem-se apenas pela posição do operador. No primeiro este encontra-se no solo e comanda a grua e a câmara dessa posição tal como é apresentado na figura 1.11. No segundo, o operador encontra-se sentado numa cadeira na parte terminal da grua o que permite ter mais controlo sobre a câmara. No entanto a grua tem de ser movida por um técnico ou por recurso a um sistema auxiliar.

Existe também a possibilidade de montar estas gruas quer em carros quer em carris adicionando assim movimento horizontal ao vertical já efetuado pela mesma.



*Figura 1.11 - Operador a comandar grua com câmara acoplada [19]*



## 2 Fotografia de produto e câmaras fotográficas

### 2.1 Introdução

Os objetivos deste capítulo são explorar o funcionamento de uma câmara fotográfica, com foco na distância a que esta se deve encontrar para obter determinada imagem, e apresentar o conceito de fotografia de produto.

A fotografia de produto serve de base à conceção da célula robótica uma vez que se pretende criar um ambiente capaz de ser utilizado em estúdio para a captação de imagens e vídeos de objetos de pequenas dimensões.

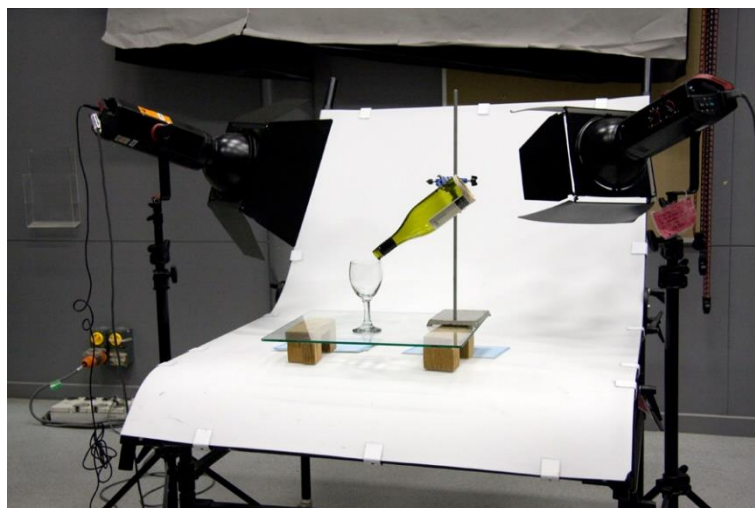
É explicado o funcionamento das câmaras fotográficas com ênfase no impacto da distância focal das lentes escolhidas e do elemento sensor utilizado.

Por fim é apresentada uma breve exposição sobre como controlar remotamente o disparo de uma câmara.

### 2.2 Fotografia de produto

A fotografia de produto é uma área da fotografia comercial [20] que consiste na captação de imagens para realçar produtos ou serviços que uma companhia tenha interesse em vender. Com o aparecimento das lojas *online* este tipo de fotografia tornou-se extremamente popular, e necessária, como forma de mostrar os produtos que uma companhia quer comercializar nas suas páginas *web*. É normalmente realizada por fotógrafos profissionais, e utilizando maioritariamente câmaras digitais para as imagens poderem ser transferidas diretamente para o computador de forma a serem posteriormente editadas através de *software* adequado.

Neste género de fotografia destaca-se sobretudo a utilização da iluminação [21] para realçar da melhor forma possível o produto em questão. A experiência do fotógrafo e a sua capacidade de criar uma imagem o mais nítida possível, realçando os pontos positivos do produto, quer seja através da manipulação das luzes, quer através dos diferentes ângulos que utiliza, também é altamente valorizada. Na figura 2.1 é apresentado um *setup* de uma garrafa de vinho para fotografia de produto. Como se pode observar, tanto a iluminação como a disposição dos objetos foram cuidadosamente posicionados de modo a garantir a melhor imagem possível.



*Figura 2.1 - Setup de uma garrafa de vinho para fotografia de produto [22]*

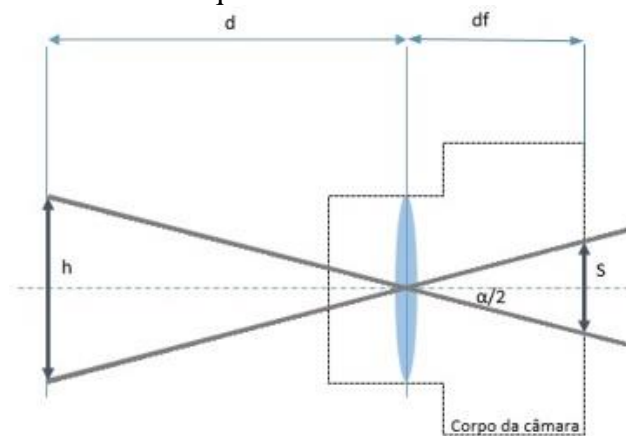
## 2.3 Câmera fotográfica

Os principais elementos que constituem uma câmara fotográfica são a sua lente, o elemento sensor e o corpo da câmara.

### 2.3.1 Lente fotográfica

A lente fotográfica é utilizada para captar e focar a luz sobre o material fotossensível (filme fotográfico ou sensor digital) existente na parte de trás do corpo da câmara fotográfica. Assim a imagem é armazenada de forma química ou eletrónica. [23]

Na figura 2.2 é apresentada de forma esquemática o funcionamento de uma lente.



*Figura 2.2 - Esquema ilustrativo do funcionamento de uma lente*

A luz proveniente do objeto, representado pela letra  $h$ , e que se encontra a uma determinada distância  $d$  da lente, é refratada pela lente convexa que vai produzir a mesma imagem, mas invertida, na parte de trás da câmara onde se encontra o sensor,  $S$ . A distância a que a lente se encontra do sensor, denominada distância focal e representada pelas iniciais  $df$ , vai influenciar o ângulo de visão  $\alpha$  da câmara.

Com recurso à trigonometria é possível calcular o ângulo de visão como sendo função da dimensão do sensor e da distância focal de uma lente como é apresentado na equação 1.

$$\alpha = 2 \times \arctg\left(\frac{S}{2df}\right) \text{ (Equação 1)}$$

Na equação 1,  $S$ , pode ser considerada a medida da horizontal, vertical ou diagonal do elemento sensor. A escolha de um destes parâmetros resulta na definição de três ângulos distintos. Estes podem ser vistos na figura 2.3. É de notar que nesta figura o ângulo da diagonal é descrito como ângulo da imagem.

Uma vez obtido o ângulo de visão é então possível calcular a distância, através da equação 2, a que a câmara deverá ser posicionada de modo a captar a totalidade do objeto de determinada dimensão ( $h$ ).

$$d = \frac{h}{2 \times tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \text{ (Equação 2)}$$

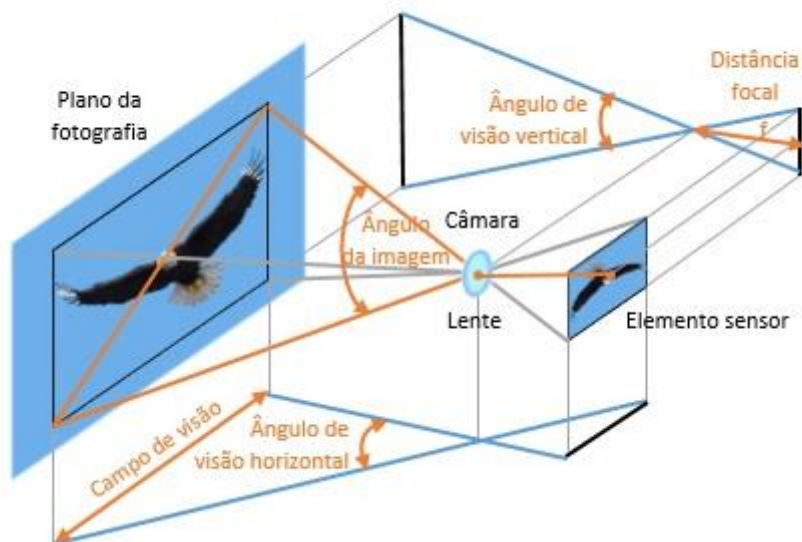


Figura 2.3 - Diferentes ângulos de visão de uma câmara fotográfica

As lentes de uma câmara fotográfica podem ser divididas em três grandes grupos [24] consoante a sua distância focal: as grandes angulares, as normais e as teleobjetivas. As primeiras caracterizam-se

por terem distâncias focais abaixo dos 35mm sendo utilizadas sobretudo para fotografar paisagens e interiores. As lentes ditas normais têm distâncias focais compreendidas entre os 35mm e os 70mm. Estas permitem uma imagem muito semelhante à visualizada pelo olho humano e são utilizadas sobretudo para tirar retratos. Por fim as lentes teleobjetivas são caracterizadas por uma distância focal elevada, podendo chegar aos 300mm ou mais, e são utilizadas para captar imagens a grandes distâncias por exemplo em eventos desportivos ou na fotografia de vida selvagem. É de notar que estes valores apenas dizem respeito a uma câmara que possua um sensor com dimensões 36x24mm.

Existem lentes de distância focal fixa e lentes de distância focal variável, podendo esta ser controlada quer manualmente quer por motorização elétrica.

As lentes são também caracterizadas pela máxima e mínima abertura que permitem [25]. Estes parâmetros vão variar consoante o fabricante e o modelo da câmara e estão relacionados com a capacidade de captação de luz. Em suma uma lente permite controlar a quantidade de luz que chega ao sensor através de um mecanismo denominado de diafragma. Na fotografia a abertura do diafragma é expressa nos chamados “*f-stops*”. Na figura 2.4 é possível visualizar diferentes aberturas e como estão correlacionados com o *f-stop*. Um *f-stop* mais pequeno é associado a uma abertura maior enquanto um *f-stop* maior é por sua vez associado a uma abertura mais pequena.

A manipulação desta abertura vai permitir definir qual parte da imagem é que aparece em foco. Uma imagem com um sujeito e um fundo pode ser manipulada de forma a só o sujeito aparecer focado e o fundo desfocado, o sujeito a aparecer desfocado e o fundo focado ou então aparecerem ambos em foco.

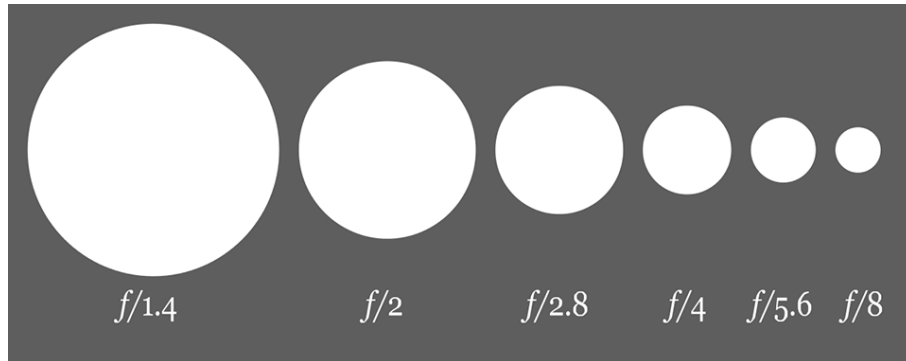


Figura 2.4 - Diferentes aberturas do diafragma de uma câmara [24]

### 2.3.2 Elemento Sensor

O sensor é o elemento mais importante (e o mais caro) de uma câmara fotográfica e é responsável pela sensibilidade da câmara à luz disponível [25]. Esta sensibilidade é conhecida no mundo da fotografia como ISO. A escala começa normalmente no ISO 100 (denominado ISO base) e tem uma progressão geométrica na base 2, ou seja a sequência será: 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 etc. Entre cada um dos patamares a sensibilidade da câmara à luz é o dobro da anterior. Ou seja um ISO 200 é

duas vezes mais sensível à luz que um ISO 100. Por sua vez um ISO 400 é duas vezes mais sensível que um ISO 200 e quatro vezes mais sensível que um ISO 100. É de notar que dependendo do fabricante e da câmara em questão o ISO base pode não ser 100 mas sim 200.

Como já tinha sido dito anteriormente quanto maior for o ISO maior será a sensibilidade da câmara à luz isto quer dizer que o tempo de exposição do sensor será menor. Isto é benéfico quando se pretende fotografar em ambientes pouco iluminados, uma vez que permite maior captação da luz, ou então quando se pretende fotografar um alvo em movimento pois permite que a imagem não apareça desfocada uma vez que a luz proveniente do alvo é “absorvida” mais rapidamente.

No entanto caso o ISO seja demasiado elevado existe a possibilidade de a imagem ficar com “ruído” como é apresentado na figura 2.5.

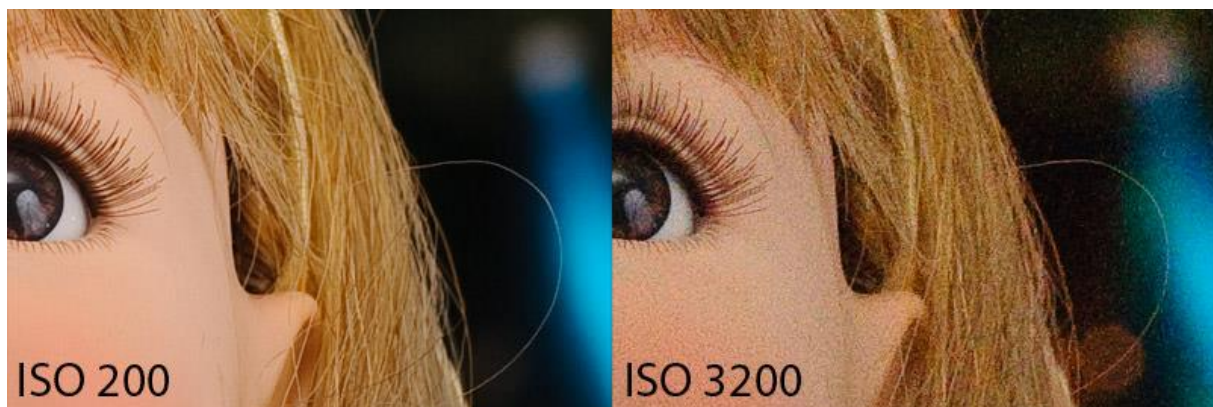


Figura 2.5 - Comparação entre um ISO 200 e um ISO 3200 [26]

Um dos formatos mais comuns, utilizados pelo fabricante *Nikon*, tem a designação de FX [27]. Esta nomenclatura diz respeito a um sensor de dimensões 36x24mm, também conhecido no mundo da fotografia como *full frame*. Esta dimensão é utilizada tanto em máquinas analógicas como em máquinas digitais e serve de referência para a designação dos restantes formatos. Na figura 2.6 são apresentados vários formatos de sensores e como estes são comparados ao formato *full frame*.

Sensor Name	Medium Format	Full Frame	APS-H	APS-C	4/3	1"	1/1.63"	1/2.3"
Sensor Size	53.7 x 40.2mm	36 x 23.9mm	27.9x18.6mm	23.6x15.8mm	17.3x13mm	13.2x8.8mm	8.38x5.59mm	6.16x4.62mm
Sensor Area	21.59 cm²	8.6 cm²	5.19 cm²	3.73 cm²	2.25 cm²	1.16 cm²	0.47 cm²	0.28 cm²
Crop Factor	0.64	1.0	1.29	1.52	2.0	2.7	4.3	5.62
Image								

Figura 2.6 - Diferentes dimensões de um sensor fotográfico (adaptado de [28])



É de referir que tanto a escolha da lente, como o tipo do sensor, são apenas uma questão de preferência do utilizador. No entanto para efeitos deste trabalho apenas foram considerados os valores que dizem respeito ao sensor 36x24mm.

Na tabela 2.1 são apresentados valores médios para a relação entre a distância focal de uma lente e o ângulo de visão por esta produzida quando utilizada em conjunto com um sensor FX. Estes valores dizem respeito aos obtidos considerando a medida da diagonal do sensor.

*Tabela 2-1 Tabela comparativa de distância focal vs ângulo de visão para o formato FX [29]*

<b>Focal Length (mm)</b>	<b>Full Frame (FX) Angle of View</b>
14	114.18
16	107.03
18	100.48
21	91.70
24	84.06
28	75.38
35	63.44
45	51.35
50	46.79
55	42.94
60	39.65
70	34.35
85	28.56
100	24.41
105	23.28
135	18.21
150	16.41
180	13.71
200	12.35
280	8.84
300	8.25
400	6.19
420	5.90
500	4.95
560	4.42
600	4.13
700	3.54
800	3.10
840	2.95
1000	2.48
1200	2.07

### 2.3.3 Corpo da câmara

O corpo da câmara é responsável pela velocidade do obturador [30] que em conjunto com a abertura da lente e com o ISO, formam os três pilares da fotografia. O obturador vai funcionar como uma



cortina que está em frente do sensor e que abre aquando o disparo para deixar que a luz passe. Também conhecido como tempo de exposição o seu controlo vai permitir influenciar a qualidade da imagem. Um tempo de exposição muito curto, correspondente a uma velocidade do obturador elevada, vai resultar numa imagem “estática” mesmo que haja movimento durante a captura da mesma. Por sua vez um tempo de exposição longo vai criar um efeito de “*motion blur*” na direção do movimento.

A conjugação destes três fatores, que podem ser regulados independentemente, é essencial para conseguir manipular a luminosidade de uma fotografia assim como que parte desta é que estará em foco. A sua mestria é necessária para qualquer fotógrafo profissional.

## 2.4 Controlo remoto para disparo de uma câmara

Desde os primórdios da criação das câmaras fotográficas nos finais do séc.XIX que existe forma de controlar o seu disparo remotamente. Este era feito através de um cabo que continha numa das pontas um botão de pressão que permitia acionar o obturador. Assim o utilizador apenas precisava de orientar a câmara na direção desejada e podia, se assim desejasse, aparecer ele mesmo na fotografia.

Com o avançar da tecnologia sem fios e o aparecimento das câmaras digitais no final da década de 80 do séc.XX surgiram também outras opções para o controlo remoto [31]. Primeiro através da utilização de infravermelhos e mais tarde através das tecnologias *wireless*, *bluetooth* ou *wi-fi*. O controlo remoto para disparo de uma câmara é normalmente utilizado quando se pretende tirar autoretratos ou então montar um sistema automático para captação de imagens em *time-lapse*.

Uma das possíveis alternativas, e a mais barata, é a aquisição ou construção de um comando remoto como pode ser observado na figura 2.7. Caso a câmara possua um recetor de infravermelhos estes podem ser utilizados para disparar o obturador à distância. A empresa *Opteka* comercializa uma vasta gama de modelos que permite a sua integração em grande parte das máquinas fotográficas existentes atualmente e podem ser adquiridos por preços que variam entre os 10€ e os 200€ consoante o nível de complexidade do modelo. São soluções simples que satisfazem utilizadores não profissionais na área.



Figura 2.7 - Comando utilizado para controlar remotamente o obturador [31]

Ainda referente à tecnologia dos infravermelhos uma outra solução é a utilização de um *smartphone*, que esteja devidamente equipado para lidar com este tipo de sinais, para controlar o disparo da câmara. Existem aplicações para os diferentes sistemas operativos como por exemplo o *DSLbot* para o *iOS* ou então o *DSLR Remote* para utilizadores que utilizem *Android*.

Outra alternativa é conectar a câmara ao computador. Empresas como a *Canon* fornecem o *software EOS*, apresentado na figura 2.8, gratuitamente com a compra de uma câmara DSLR. Conectado ao computador através de uma porta USB este *software* permite ter uma imagem em tempo real da lente da câmara, controlar todos os aspetos relativos à sua configuração e armazenar diretamente as imagens captadas no disco. Este sistema é especialmente útil para quem pretender montar um estúdio e cuja prioridade não seja a mobilidade.

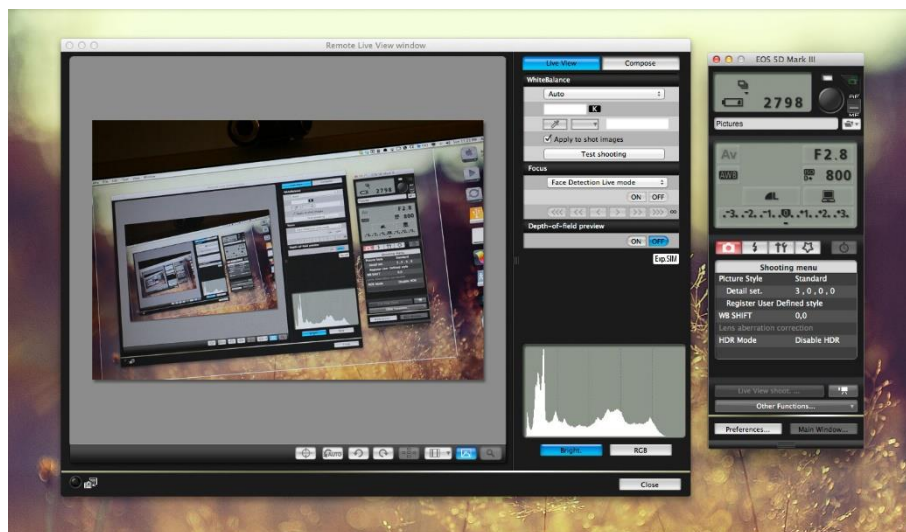


Figura 2.8 - Controlo de uma câmara Canon através da utilização do software EOS [31]

A empresa *Nikon* também disponibiliza um *software* semelhante denominado *Camera Control Pro* que pode ser adquirido por cerca de 150€. Oferece todas as funcionalidades do criado pela sua companhia rival com o acréscimo de permitir o controlo, caso a câmara permita, através da utilização de *wi-fi*.

É assumido ao longo dos capítulos seguintes que, e apesar de não ser expressamente mencionado, o utilizador possui um qualquer tipo de controlo remoto sobre a câmara fotográfica/câmara de filmar de modo a não entrar no espaço de trabalho do robô enquanto este está em operação.

## 3 Conceção e configuração da célula robótica

### 3.1 Introdução

Os objetivos deste capítulo são conceber e configurar uma célula robótica capaz de ser utilizada para permitir filmar ou fotografar produtos.

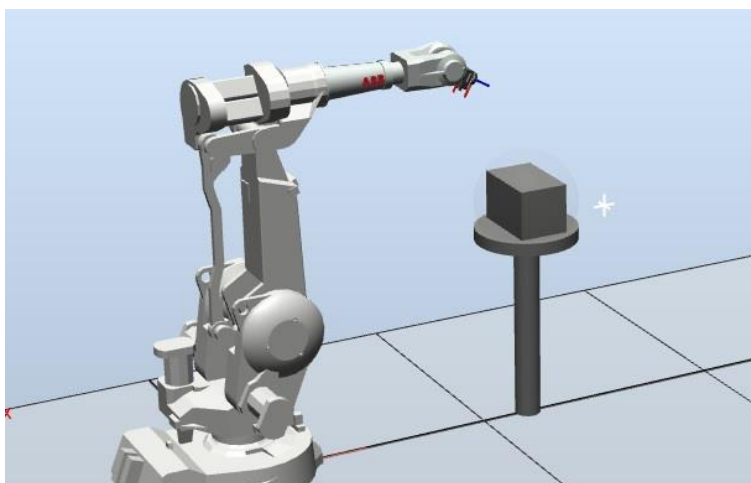
O conceito de fotografia de produto, apresentado no capítulo anterior, serviu como base para conceber uma célula robótica que pretende trazer vantagens sobre o tripé normalmente utilizado. Com recurso a um robô industrial para realizar o posicionamento automático da câmara pretende-se que o utilizador seja capaz de planejar as suas sessões com recurso a uma interface intuitiva desenvolvida propositadamente para esta aplicação.

A conceção da célula robótica foi feita recorrendo à utilização de uma zona de referência e considerando a possível utilização de três lentes com distâncias focais distintas (50, 40, 35mm). A conjugação destes dois fatores é fundamental para determinar o posicionamento relativo do robô.

Finalmente a configuração da célula mostra, com base nos resultados obtidos na conceção, como é que os diferentes elementos se dispõem no espaço de trabalho de modo a maximizar a liberdade do elemento terminal do robô onde é acoplada a câmara.

### 3.2 Conceção da célula robótica

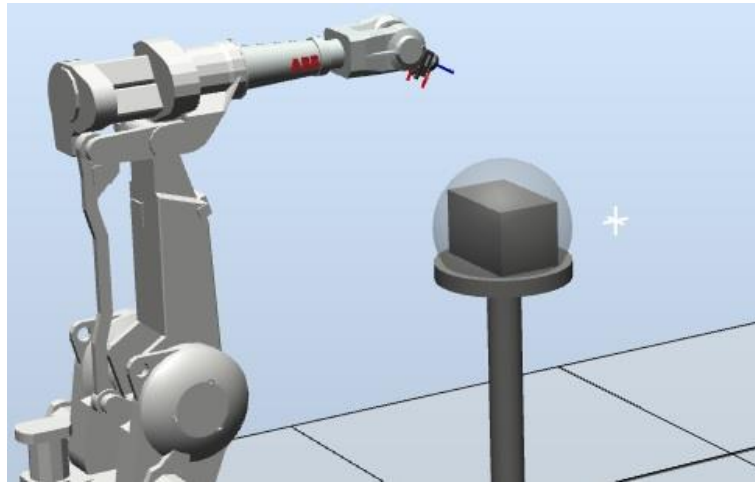
A conceção da célula robótica foi criada partindo do pressuposto que o objeto de referência é um paralelepípedo cujas dimensões são 290x193x193 mm. A figura 3.1 pretende mostrar a dimensão desta objeto no espaço de trabalho do robô.



*Figura 3.1 - Espaço de trabalho do robô com zona limite*

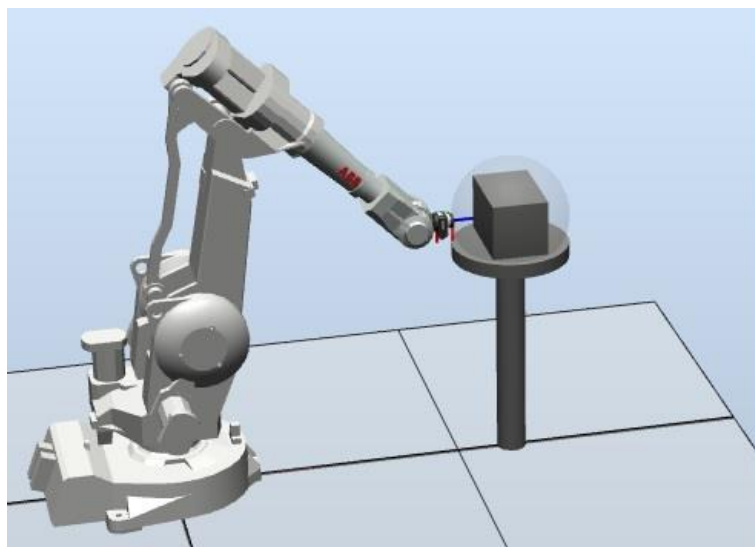
A delimitar o objeto de referência vai existir uma esfera, de diâmetro igual a 400mm, cuja utilização vai permitir que se crie um perímetro de segurança no qual o robô não pode penetrar sob risco de

poder embater no objeto. Na figura 3.2 é apresentada a mesma imagem mas desta vez com a zona de segurança já presente.

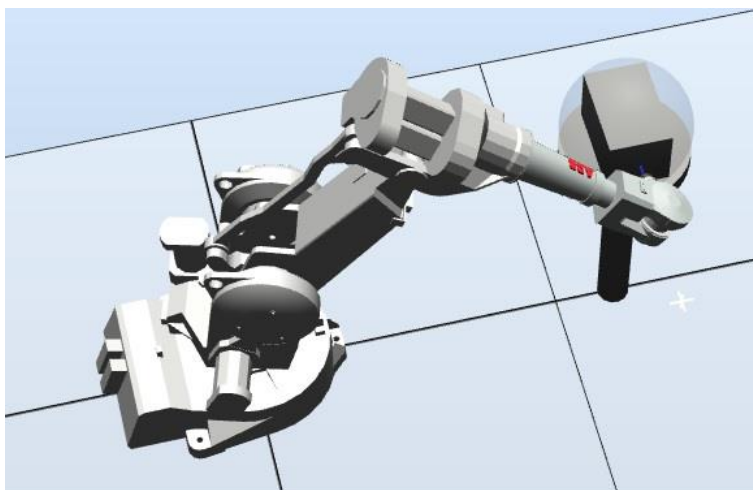


*Figura 3.2 - Espaço de trabalho do robô com zona limite e zona de segurança*

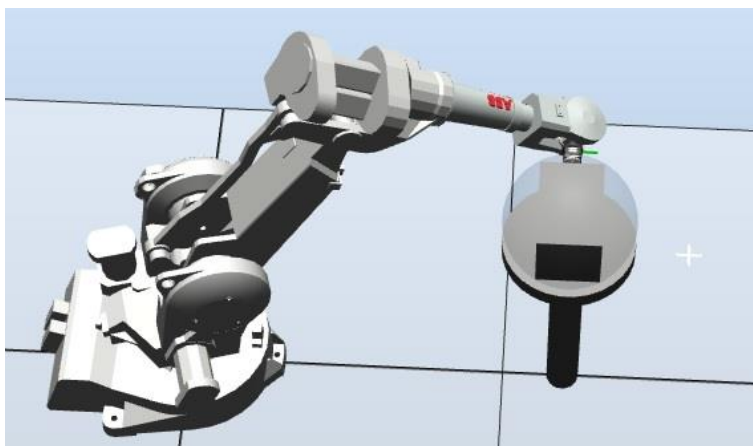
Para posicionar o objeto de referência no espaço de trabalho do robô recorreu-se à utilização de um referencial preferencial que dista 1190mm do centro da base do robô e encontra-se a 870mm do solo. Este foi escolhido por garantir maior flexibilidade do elemento terminal em cada uma das direções desejadas. Estas são apresentadas nas figuras seguintes: frontal (figura 3.3), lateral direita (figura 3.4), lateral esquerda (figura 3.5) e topo (figura 3.6).



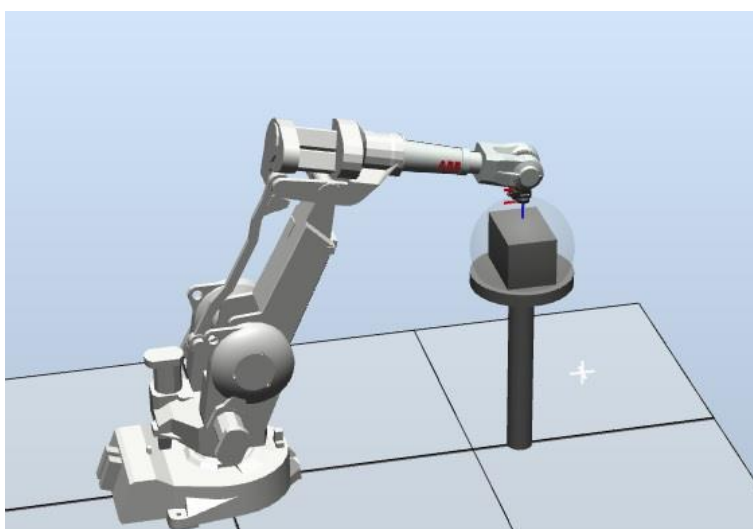
*Figura 3.3 - Direção frontal*



*Figura 3.4 - Direção lateral direita*



*Figura 3.5 - Direção lateral esquerda*



*Figura 3.6 - Direção de topo*

Para definir o plano de posicionamento da câmara em relação à face frontal do paralelepípedo, que constitui o objeto de referência, foi tido em consideração a distância focal das lentes a utilizar (35, 40 e 50 mm) bem como o sensor *full-frame* (36 x 24mm). Assim, tendo em conta as equações 1 e 2 apresentadas no capítulo anterior é possível determinar a distância ao plano de fotografia pretendido. Na tabela 3.1 é apresentada a distância a que a câmara deve estar para diferentes distâncias focais da lente, de modo a garantir a captura total do plano frontal.

*Tabela 3-1 Distância ao plano da fotografia consoante a distância focal utilizada*

Dimensão da diagonal da face frontal (mm)	Distância focal (mm)	Ângulo de visão (graus)	Distância ao plano frontal (mm)
348	50	46,8	500
	40	56,9	419
	35	63,4	379

Como os planos laterais do objeto de referência tem menor dimensão que o plano frontal a distância considerada para o posicionamento da câmara assegura também a sua captura.

### 3.3 Configuração da célula robótica

#### 3.3.1 Robô escolhido

Na configuração da célula de trabalho foi considerado o robô IRB 2400-16 da empresa *ABB*. É um robô de seis eixos com um alcance de braço de 1550mm. Este é aparafusado ao solo, pesa 350kg e têm capacidade de suportar até 20kg. A figura 3.7 apresenta um esquema das dimensões e do alcance do mesmo.

Este modelo foi escolhido por ser igual ao que existe atualmente na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

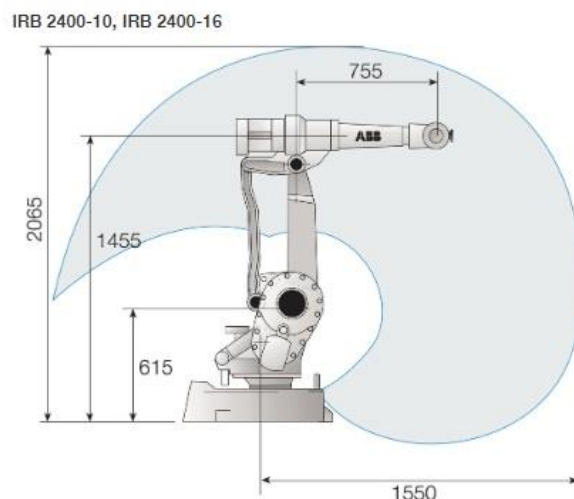


Figura 3.7 - Esquema do robô IRB 2400-16 da empresa ABB [32]

### 3.3.2 Espaço de trabalho

Para além do robô mencionado anteriormente o espaço de trabalho inclui ainda uma mesa de altura ajustável para permitir o posicionamento em altura e o objeto de referência em questão que deverá ser fixo numa posição que garanta que o seu centro se encontra o mais próximo possível da origem do referencial preferencial.

De forma a facilitar o posicionamento do objeto no espaço de trabalho será possível ao utilizador correr uma rotina pré-programada que facilita a sua centragem. Esta permite ao robô adotar uma série de posições pré-definidas e será descrita em mais detalhe no capítulo seguinte. Para simular a existência da câmara é utilizada a *Integrated Vision camera* Cam00X presente no *software robotstudio* e que é acoplada ao elemento terminal do robô. A disposição do robô, mesa e objeto preferencial no espaço de trabalho pode ser visualizada na figura 3.8.

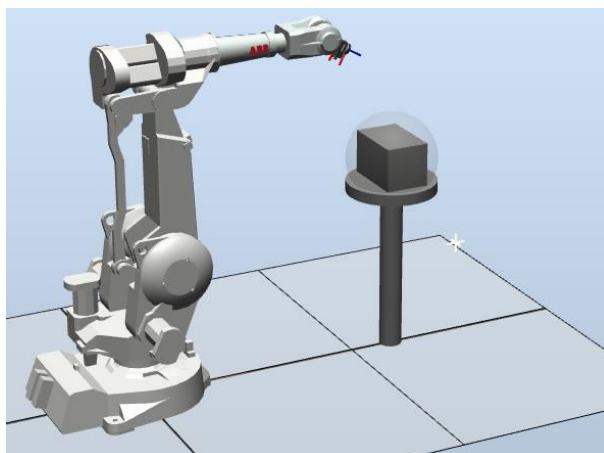


Figura 3.8 - Espaço de trabalho utilizado



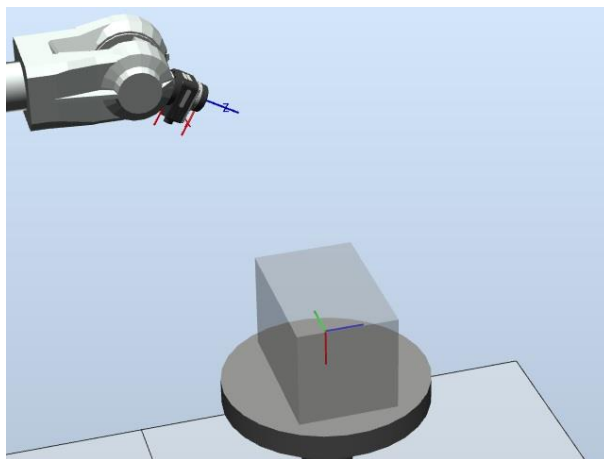
### 3.3.3 Referencial Preferencial para colocação do objeto

Como foi mencionado no subcapítulo anterior é utilizado um referencial preferencial para o posicionamento do centro do objeto. O objetivo é conseguir maximizar a mobilidade do elemento terminal do robô nas direções desejadas. A origem do referencial encontra-se a uma distância de 1190mm do centro da base do robô e a uma altura de 870mm do solo. A orientação deste referencial é a apresentada na figura 3.9, onde também é possível visualizar o referencial adotado para a câmara, bem como o objeto de referência.

Assim, quando o referencial da câmara fica alinhado com o referencial de preferência fica definido um plano frontal. Ao utilizar esta localização do referencial preferencial para posicionamento do objeto de referência é possível assegurar que o robô pode posicionar a câmara para além do plano frontal nos planos laterais e de topo a uma distância do objeto de referência, imposta pela lente utilizada, que permite a captura da vista pretendida.

Esta localização assegura que a câmara pode ser colocada a uma distância máxima de 500mm

Procedeu-se também à criação de um referencial específico neste ponto para facilitar a programação e o posicionamento do elemento terminal do robô. Este pode ser visto em detalhe na figura 3.9. A linha azul irá coincidir com a localização do centro da lente. Caso o elemento terminal do robô estivesse neste ponto seria possível ver a câmara a apontar para o objeto na direção do centro do referencial para a periferia.



*Figura 3.9 - Pormenor do ponto preferencial utilizado e do seu referencial*

### 3.3.4 Referenciais base

Para facilitar a programação do robô foram definidos um conjunto de nove referenciais cuja origem coincidem com o referencial preferencial mas com orientações distintas como é possível observar na figura 3.10. As linhas a azul (eixo Z) vão determinar a direção em que a câmara estará a apontar.



Consegue-se assim captar ambas as vistas laterais do objeto, a vista frontal e três vistas intermédias entre cada um dos lados nomeadamente a 30°, 45° e 60°. O objetivo da criação destes referenciais é facilitar a definição dos percursos que o robô terá que efetuar. Isso é feito automaticamente pelo programa através da criação de cópias destes pontos nos lugares desejados. Como estas cópias são feitas enquanto o programa está a correr é possível obter uma infinidade de pontos virtuais. No capítulo seguinte é demonstrado como são gerados estes pontos virtuais.

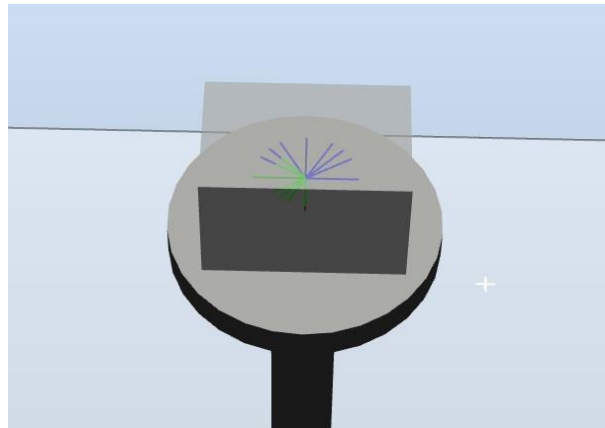


Figura 3.10 - Referenciais Base

### 3.3.5 Alcance máximo e mínimo da câmara

Na conceção da célula robótica não é mencionada qual a distância máxima a que a câmara se pode encontrar do centro do objeto respeitando todas as condições desejadas. No entanto foi utilizado o *software robotstudio* para correr diversas simulações de vários percursos que permitem chegar a uma conclusão sobre a distância máxima. Com os testes efetuados foi possível identificar uma esfera, com centro na origem do referencial preferencial, de 550mm de raio que limita a zona possível de posicionamento da câmara.

Por outro lado, para garantir que a câmara não entra em contato com o objeto foi definida uma esfera com centro na origem referencial preferencial e de raio igual a 200mm. A programação efetuada não permite assim que a câmara seja posicionada na zona definida por esta esfera. Analogamente, por questões de segurança, não é permitido ao elemento terminal do robô posicionar-se abaixo do plano definido pelo referencial preferencial.



## 4 Criação e implementação dos percursos utilizados e interface com o utilizador

### 4.1 Introdução

Os objetivos deste capítulo são a descrição da aplicação desenvolvida para operar o robô incluindo a implementação do seu posicionamento/movimento na captura de imagens, os vários modos de funcionamento que estão disponíveis no *software* e como é que estes são apresentados ao utilizador através da interface da consola.

São apresentados todos os passos seguidos desde a criação à implementação dos percursos utilizados. O utilizador, através da consola do robô, tem acesso a uma interface que permite definir o modo que pretende utilizar na sua sessão fotográfica/de vídeo. Ao efetuar a sua seleção, o programa encarrega-se de gerar os pontos automaticamente para os percursos pretendidos.

A aplicação disponibiliza dois modos de funcionamento: modo de fotografia e modo de vídeo.

No modo de fotografia existe a possibilidade de se escolher quatro tipos de percursos: horizontal, vertical, zoom e o modo avançado. Para o modo de funcionamento em vídeo os três percursos iniciais referidos anteriormente também estão disponíveis mas foram implementados com características próprias, permitindo a configuração da velocidade a que o percurso vai ser percorrido. O quarto percurso existente no modo de vídeo denomina-se de espiral e permite que a câmara efetue um movimento em espiral de aproximação ao objeto, podendo o utilizador selecionar a orientação e o sentido do movimento.

Existe também um modo de posicionamento que facilita a colocação do objeto no espaço de trabalho do robô. Todos estes modos e os respetivos percursos são acedidos e configurados através da consola do robô.

### 4.2 Ecrã inicial

A aplicação foi desenvolvida para tirar partido da interface gráfica disponível na consola de programação do robô.

Quando se inicia o programa o robô irá ser deslocado para a posição *home* de forma a começar sempre na mesma posição quando forem solicitadas as diferentes rotinas. Quando o robô atinge esta posição o utilizador é então confrontado com a janela, apresentada na figura 4.1, em que pode escolher uma de quatro opções. Escolhendo o modo de “fotografia” ou o modo de “vídeo” irá despoletar uma nova janela onde será possível escolher cada um dos percursos associados aos diferentes modos de funcionamento. Por sua vez a escolha do modo “posicionar objeto” irá fazer com que o robô assumira uma série de posições previamente definidas de modo a facilitar a colocação do objeto no centro do espaço de trabalho. Existe ainda uma quarta opção que permite terminar a aplicação através do botão “sair”. Quando este for pressionado o programa é parado não sendo possível retomar o funcionamento normal sem reiniciar o programa.

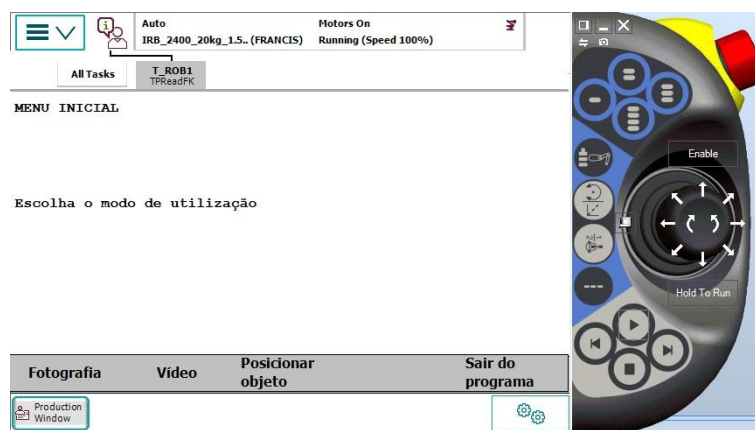


Figura 4.1 - Ecrã inicial do programa na consola

### 4.3 Modo posicionar objeto

Este modo permite posicionar o robô em quatro posições distintas, de modo a facilitar a colocação manual do produto no espaço de trabalho do robô. Em cada posição o elemento terminal do robô é colocado a 200mm do ponto central do objeto de referência. Na figura 4.2 está representada a primeira dessas quatro posições assumidas.

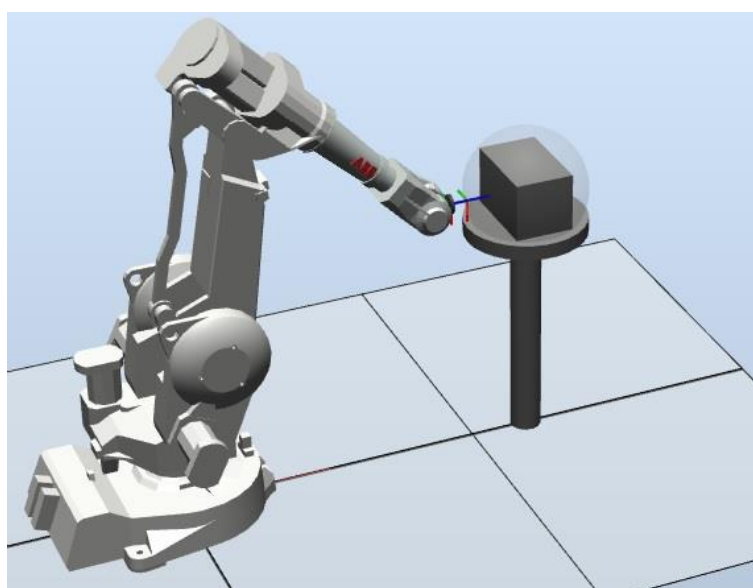


Figura 4.2 - Primeira posição assumida pelo robô após o modo posicionar objeto ser iniciado

Na figura 4.3 é apresentado o ecrã da consola aquando a seleção do modo de posicionamento. Ao ser seleccionado o botão “sim” o robô assume a nova posição de posicionamento caso seja seleccionado o botão “não” a aplicação retorna ao menu inicial. Em nenhuma instância deste percurso a câmara atravessa a barreira dos 200mm, representada pela esfera, permitindo assim maior segurança no

posicionamento. Após as quatro posições serem cumpridas aparecerá uma mensagem na consola a referir que o posicionamento está terminado.

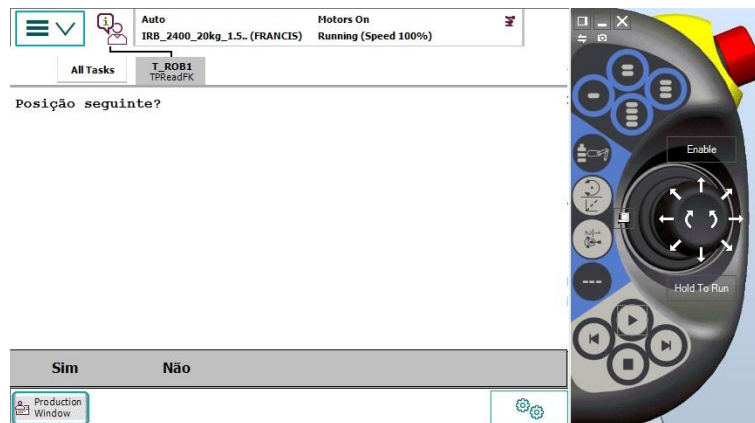


Figura 4.3 - Janela da consola após ser seleccionado o modo posicionar objeto

## 4.4 Modo fotografia

Quando o modo fotografia é seleccionado na janela inicial o *display* da consola apresenta a informação da figura 4.4. É então possível seleccionar o modo que se pretende utilizar para captar imagens fotográficas. Enquanto os três primeiros modos dizem respeito a percursos que podem ser efetuados o “modo avançado” permite um posicionamento da câmara distinto uma vez que permite que esta seja descentralizada do ponto preferencial e por esse motivo não se encontra associado a nenhum percurso.

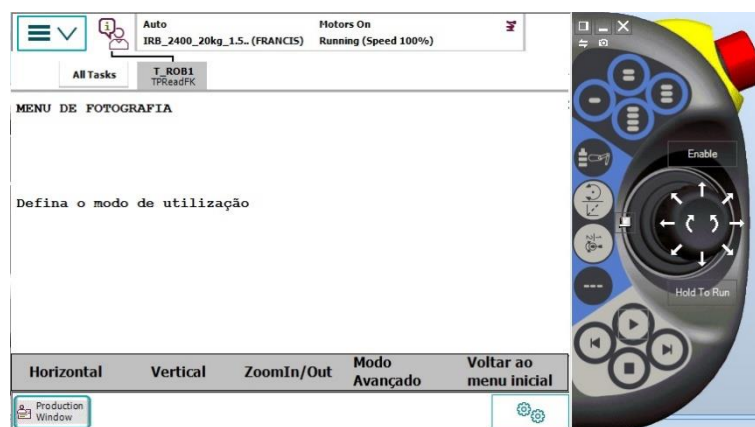
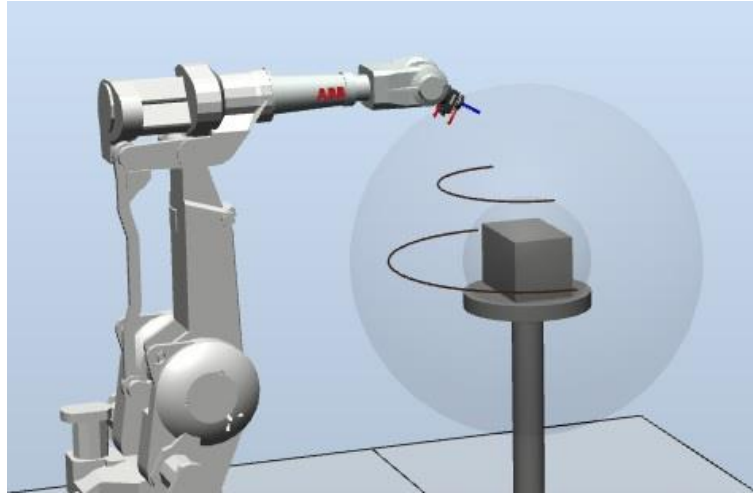


Figura 4.4 - Menu de fotografia

De seguida são apresentados os diferentes modos passíveis de serem escolhidos em maior pormenor e como se chegou à criação de cada um dos pontos usados para a definição dos seus posicionamentos e trajetórias.

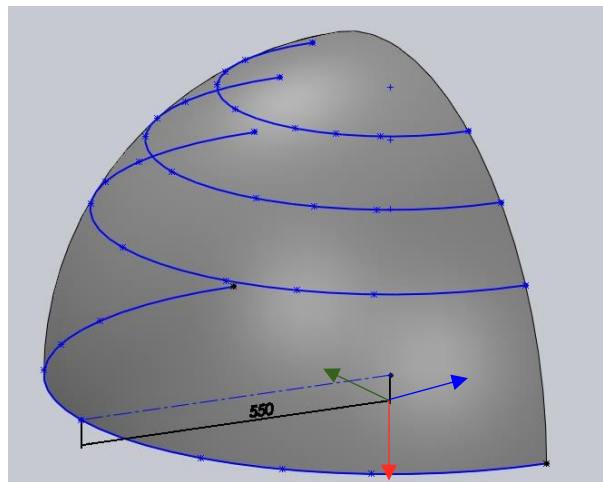
#### 4.4.1 Modo horizontal na fotografia

O modo horizontal pretende captar imagens em torno do objeto. Estão representados na figura 4.5 dois exemplos de percursos no modo horizontal da fotografia.



*Figura 4.5 - Exemplo de dois percursos horizontais no modo fotografia*

Na figura 4.6 é apresentado um esquema em que se pretende mostrar quatro percursos distintos a uma distância constante de 550mm do centro do objeto.



*Figura 4.6 - Vista 3D de vários percursos horizontais*

Ao ser seleccionado o modo horizontal é pedido ao utilizador que escolha qual a inclinação que deseja que o seu percurso faça com o plano horizontal. Na figura 4.7, complementar à anterior, é possível ver quais foram as inclinações utilizadas para obter cada um dos percursos mostrados anteriormente.

Ao ser decidida a inclinação pretendida esta vai automaticamente ser indexada à inclinação da câmara para garantir que esta continua sempre a apontar para o centro.

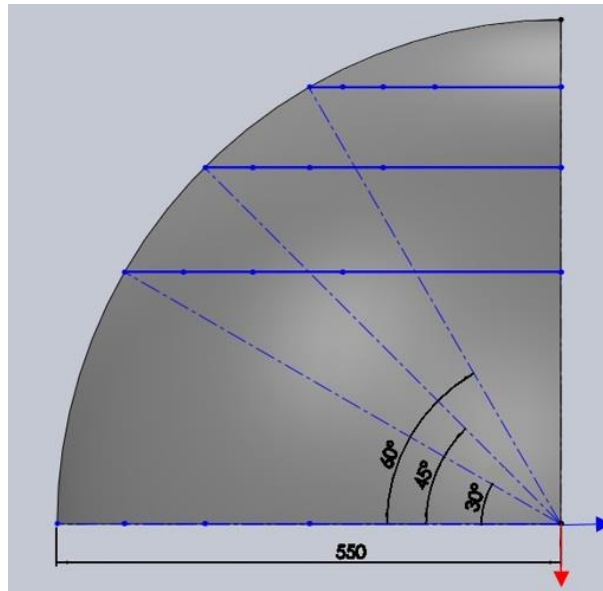


Figura 4.7 - Inclinações utilizadas na definição de cada um dos percursos

Em ambas as figuras 5.6 e 5.7 é possível ver-se que, independentemente da escolha do percurso, cada um deles possui nove pontos. Tratam-se de pontos virtuais que apenas são criados quando um percurso específico é selecionado. Definidos através da instrução *Reltool* a orientação dos pontos virtuais é ajustada consoante a inclinação do percurso e a sua nova distância é medida em função dos pontos base.

Na figura 4.8 é apresentado um exemplo de utilização deste tipo de instrução. Neste caso corresponde à definição de um percurso que foi criado para servir uma câmara que possua uma distância focal de 50mm, daí a distância ser de 500mm. A inclinação aqui utilizada é de 30°. Uma vez criados os novos pontos virtuais o programa chama a instrução *Path\_40* que serve para dar início ao trajeto.

```

439      !Inclinação 30 Lente 50 mm
440
441      ElseIf answer = 3 THEN
442
443          TPErase;
444          WaitTime 1;
445          TPWrite "FOTOGRAFIA - MODO HORIZONTAL";
446          TPWrite "";
447          TPWrite "";
448          TPWrite "INCLINAÇÃO 30°";
449          TPWrite "";
450          TPWrite "";
451          TPWrite "LENTE DE 50mm";
452          TPWrite "";
453          TPWrite "";
454          TPReadFK answer, "Deseja iniciar o percurso?", "Sim", "Não", stEmpty, stEmpty, stEmpty;
455
456      IF answer = 1 THEN
457
458          Target_400 := RelTool (Target_300, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
459          Target_410 := RelTool (Target_310, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
460          Target_420 := RelTool (Target_320, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
461
462          Target_430 := RelTool (Target_330, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
463          Target_440 := RelTool (Target_340, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
464          Target_450 := RelTool (Target_350, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
465
466          Target_460 := RelTool (Target_360, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
467          Target_470 := RelTool (Target_370, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
468          Target_480 := RelTool (Target_380, -(500*sin(30)), 0, -500*cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
469          Path_40;
470
471      ElseIf answer = 2 THEN GOTO menu_fotografia_horizontal;
472      EndIf

```

Figura 4.8 - Parte do código correspondente ao percurso com inclinação de 30° e utilizando a lente de 50mm

Na figura 4.9 é apresentada a janela da consola após ter sido seleccionado o modo horizontal na fotografia que dá acesso a todas as opções já referidas anteriormente e permite ainda uma outra, caso o utilizador pretenda definir a inclinação do trajeto.

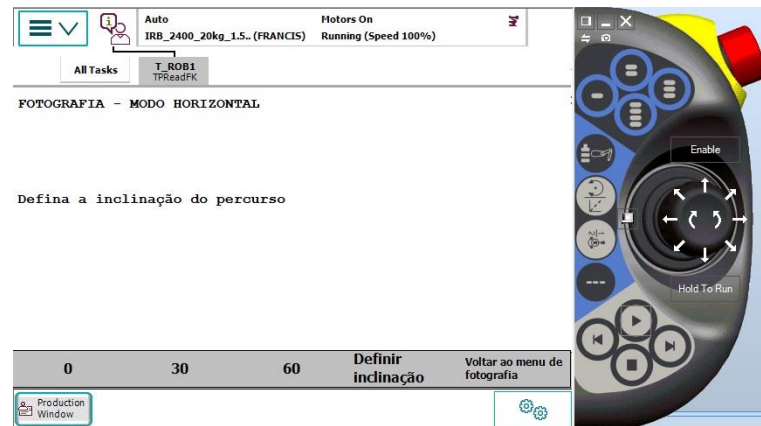


Figura 4.9- Inclinação do modo horizontal na fotografia

Caso o botão “Definir inclinação” seja pressionado o *display* da consola irá apresentar a figura 4.10 que permite definir manualmente o valor do ângulo da inclinação.

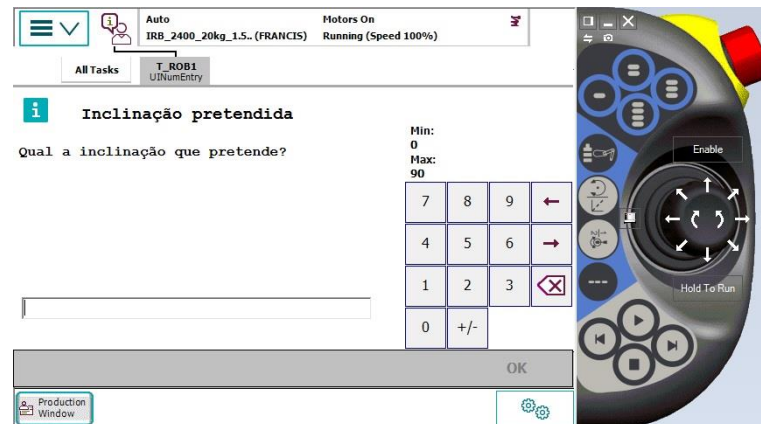


Figura 4.10 – Input manual da inclinação no modo horizontal

Após se definir a inclinação do percurso é necessário escolher a distância que a câmara irá ter em relação ao objeto, figura 4.11. Mais uma vez há a possibilidade se optar por distâncias pré-definidas em função da lente a utilizar (calculadas no capítulo anterior) ou então é possível introduzir uma nova.



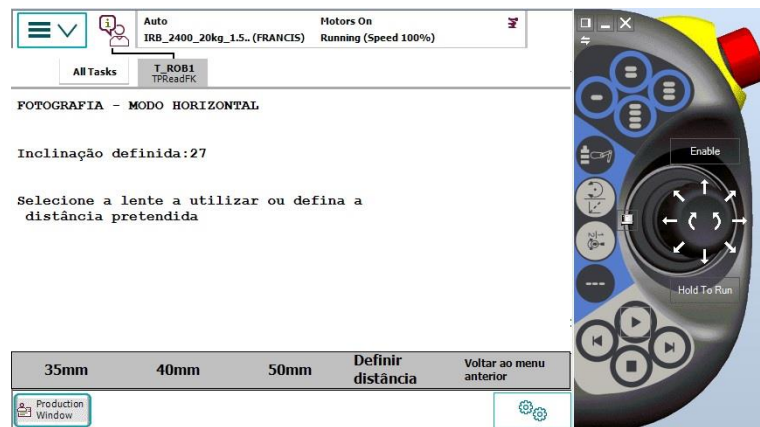


Figura 4.11 - Distância ao objeto pretendida no modo horizontal

Caso se deseje seleccionar a distância manualmente o *display* da consola irá apresentar a informação da figura 4.12. A distância pode então variar entre os 200mm e os 550mm, valores limites do espaço de trabalho do robô definidos para esta aplicação.

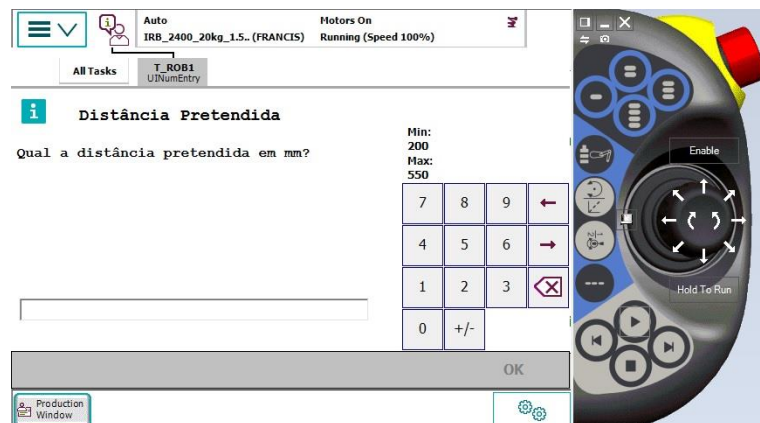


Figura 4.12 - Input manual da distância pretendida no modo horizontal

Uma vez definida a distância aparece um ecrã de confirmação, figura 4.13, onde é possível verificar quais foram os parâmetros introduzidos. Assim permite ao utilizador ter a certeza que o percurso que se vai iniciar é o desejado. Neste caso foi seleccionada uma inclinação de 27° e a utilização de uma lente com uma distância focal de 50mm.

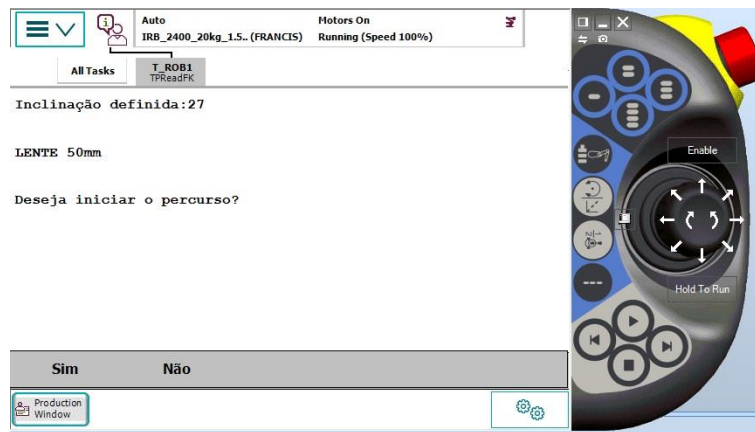


Figura 4.13 - Ecrã de confirmação

Após a ordem da confirmação por parte do utilizador resta ainda decidir um último parâmetro que se trata do tempo que o sistema irá parar em cada ponto do percurso, como pode ser observado na figura 4.14. O objetivo é permitir que haja tempo para a câmara conseguir focar o objeto quando acionada remotamente.

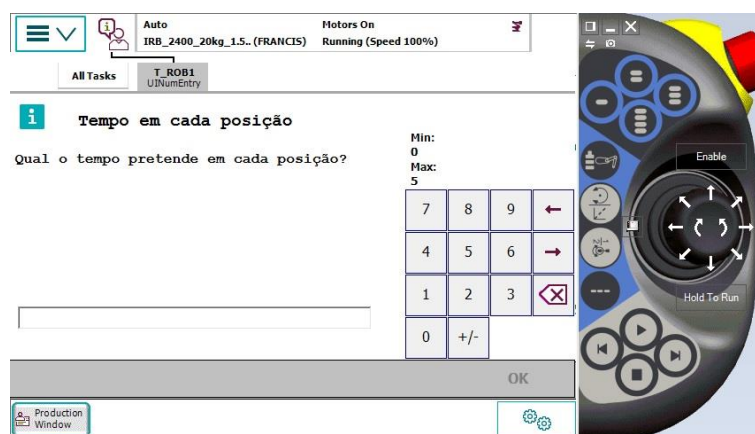


Figura 4.14 - Input do tempo de espera em cada posição modo horizontal

Assim que todos os parâmetros sejam introduzidos o robô inicia então o percurso definido no modo horizontal.

#### 4.4.2 Modo vertical na fotografia

O modo vertical pretende captar imagens num quarto de círculo em torno do objeto. Estão representados na figura 4.15 vários trajetos possíveis a uma distância constante de 550mm do centro do objeto, ou seja na maior das esferas vistas anteriormente, mas com diferentes ângulos de abertura.

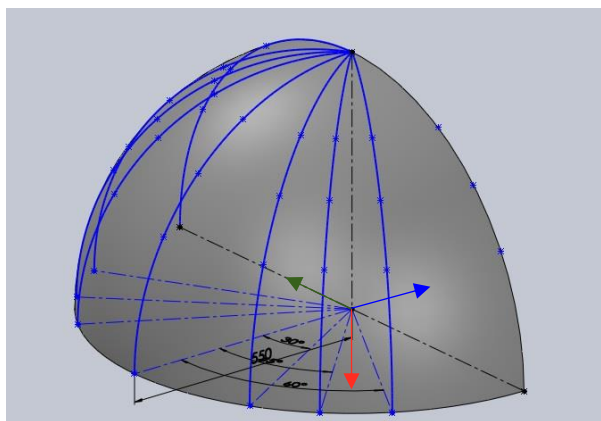


Figura 4.15 - Vista 3D de vários percursos verticais

Na figura 4.16, complementar à figura 5.15, é possível ver quais foram os ângulos de abertura, medidos a partir do eixo central, utilizadas para obter cada um dos percursos mostrados anteriormente.

Este ângulo de abertura é definido consoante o lado da peça que se deseje captar. Caso seja preciso captar o lado direito o ângulo de abertura irá ser medido desde o eixo central 0° até aos 90° correspondentes à vista lateral do lado direito.

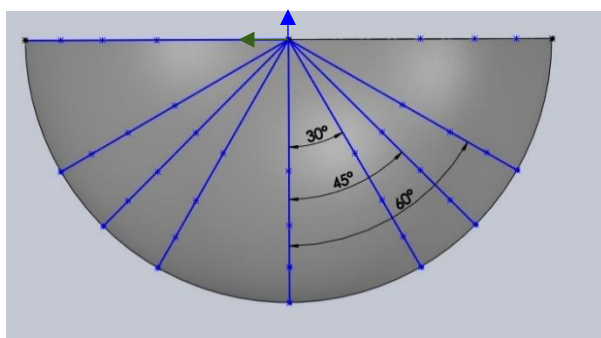


Figura 4.16 - Aberturas utilizadas na definição dos percursos verticais

Em ambas as figuras anteriores, 4.15 e 4.16, é possível verificar que independentemente do percurso escolhido vão aparecer cinco pontos que foram criados a partir de um único ponto base. Estes novos pontos são pontos variáveis e apenas são definidos aquando da seleção da rotina a utilizar por parte do utilizador. Como é mostrado na figura 4.17 o primeiro é definido através de uma instrução de *offset* pois a inclinação irá ser igual à do ponto base. Os restantes são definidos pela instrução *Reltool*, partindo do mesmo ponto, mas com inclinações diferentes.

Neste exemplo a distância utilizada é de 419mm que corresponde à utilização de uma câmara com uma distância focal de 40mm. Uma vez estando definidos os pontos variáveis o programa chama a instrução *Path\_50* que inicializa o percurso criado.

```

2058 !Lado Esquerdo abertura 60 lente 40 mm
2059
2060 ELSEIF answer = 2 THEN
2061
2062     TPErase;
2063
2064     WaitTime 1;
2065     TPWrite "FOTOGRAFIA - MODO VERTICAL";
2066     TPWrite "";
2067     TPWrite "LADO ESQUERDO - ABERTURA 60";
2068     TPWrite "";
2069     TPWrite "LENTE 40mm";
2070     TPWrite "";
2071     TPWrite "";
2072     TPReadFK answer, "Deseja iniciar o percurso?", "Sim", "Não", stEmpty, stEmpty, stEmpty;
2073
2074     IF answer = 1 THEN
2075
2076         Target_500 := Offs (Target_330, 0, (419*Cos(30)), -(419*Sin(30)));
2077         Target_510 := RelTool (Target_330, -(419*Sin(30)), 0, -419*Cos(30), \Rx:=0\Ry:=30\Rz:=0);
2078         Target_520 := RelTool (Target_330, -(419*Sin(45)), 0, -419*Cos(45), \Rx:=0\Ry:=45\Rz:=0);
2079         Target_530 := RelTool (Target_330, -(419*Sin(60)), 0, -419*Cos(60), \Rx:=0\Ry:=60\Rz:=0);
2080         Target_540 := RelTool (Target_330, -(419*Sin(90)), 0, -419*Cos(90), \Rx:=0\Ry:=90\Rz:=0);
2081
2082
2083         Path_50;
2084
2085         ELSEIF answer = 2 THEN GOTO menu_fotografia_vertical;
2086
2087     ENDIF

```

Figura 4.17 - Parte do código correspondente a uma abertura de 60° no lado esquerdo aquando da utilização de uma lente de 40mm

Selecionando o modo vertical a janela que o utilizador irá ver será a da figura 4.18. Aqui é possível seleccionar qual dos lados da peça é que se deseja fotografar. Esta distinção é importante pois o programa entra em duas instâncias separadas dependendo do lado escolhido. Os lados são definidos estando o utilizador do lado do robô e defronte para a peça.

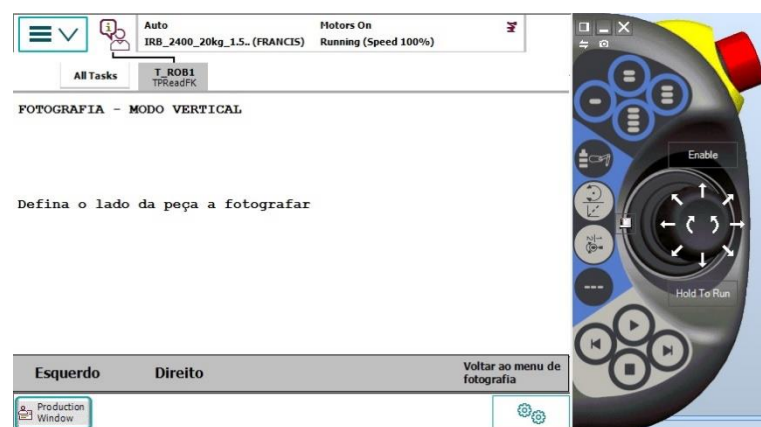


Figura 4.18 – Modo vertical. Lado da peça a fotografar

Após a escolha do lado é pedido para ser definido o ângulo de abertura a utilizar, figura 4.19.

Caso se pretenda que o percurso seja em posição frontal para o objeto deverá ser seleccionada a opção “Definir ângulo” e escolhido o valor de 0°. Esta opção funciona como as restantes em que é permitido ao utilizador escolher valores. No entanto a escolha do ângulo só poderá variar entre 0° (vista frontal) e 90° (vista lateral do lado escolhido)

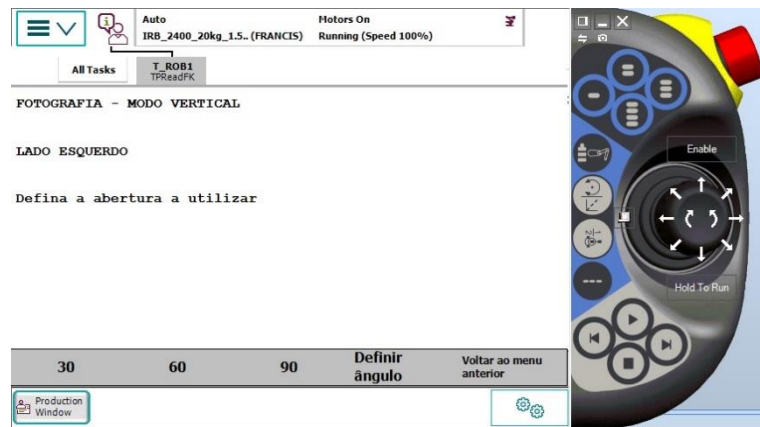


Figura 4.19 - Definição do ângulo de abertura no modo vertical

Uma vez definido o ângulo será necessário definir a distância que se pretende ao objeto e o tempo que a câmara irá ficar parada em cada ponto.

Como a definição da distância e do tempo de espera já foram mostrados no modo anterior e não existe diferença significativa entre os dois modos neste aspeto, estes parâmetros não serão aqui apresentados.

#### 4.4.3 Modo Zoom

O modo zoom in/out pretende captar imagens através da definição de um ponto que pode ser aproximado ou afastado consoante a preferência do utilizador.

A definição do ponto é feita através de uma inclinação (explicada no modo horizontal) e de uma abertura (explicada no modo vertical). Uma vez estando o ponto definido o utilizador pode definir a distância a que este se encontra do objeto criando um percurso linear como pode ser visto na figura 4.20. Este percurso linear estará definido entre os 550mm, esfera transparente, e os 200mm, esfera azul. O centro destas esferas coincidem com o centro do objeto de referência.

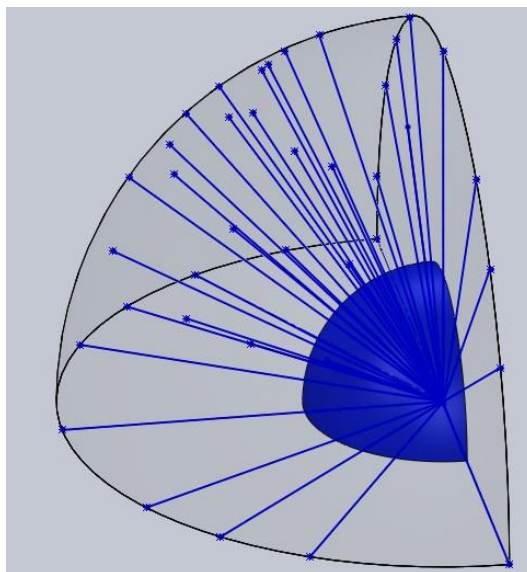


Figura 4.20 - Vários percursos obtidos através do modo zoom in/out

Quando o utilizador selecciona este modo é-lhe pedido para definir qual o lado da peça onde pretende efetuar este percurso. O processo de seleção é em tudo semelhante ao apresentado no modo vertical. Após definir o lado será necessário definir o ângulo de abertura a utilizar. Em seguida define-se a inclinação como foi apresentada no modo horizontal e finalmente a distância desejada para a câmara.

Após estes passos a câmara vai-se encontrar num ponto específico e é perguntado ao utilizador se deseja introduzir uma nova distância, figura 4.21. Caso se escolha a opção “não” então o programa para de correr. Caso a opção “sim” for seleccionada é permitido introduzir uma nova distância e o robô irá seguir uma linha reta que passa pelo centro do objeto, pelo ponto em que está e pelo novo ponto fixado.

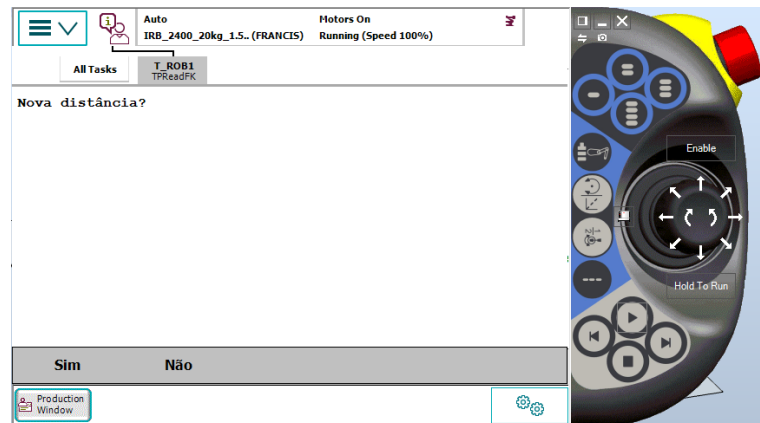


Figura 4.21 - Display após o percurso do robô ter sido completado no modo Zoom In/Out

#### 4.4.4 Modo avançado

No modo avançado pretende-se dar mais controlo ao utilizador sobretudo ao nível do posicionamento/orientação da câmara fotográfica em relação ao objeto. O utilizador necessita de definir a distância ao centro do objeto medida na horizontal, a distância ao objeto medida na vertical e a inclinação da câmara em relação ao plano horizontal.

O objetivo deste modo é permitir ao utilizador ter controlo sobre o ângulo a que quer apontar a câmara de forma a conseguir captar imagens descentradas que através dos outros modos não seria possível uma vez que o posicionamento da câmara é feito sempre com esta a apontar para o centro.

Ao ser seleccionado este modo o utilizador tem a possibilidade de definir de que lado pretende tirar a fotografia. O ecrã da consola é o apresentado na figura 4.22



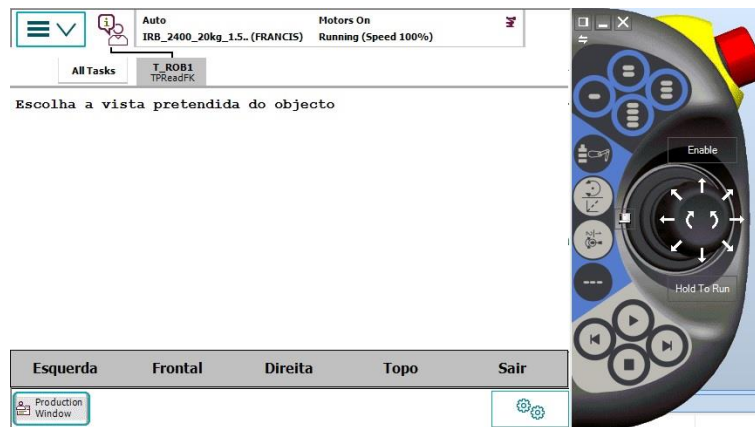


Figura 4.22 – Display após ter sido selecionado o modo avançado

Caso seja selecionada a vista da esquerda ou a vista da direita irá aparecer mais um *display*, figura 4.23, que permite a escolha do ângulo a utilizar nessa vista. Caso seja selecionada a vista de topo ou frontal o programa passará imediatamente à fase de introdução das variáveis.

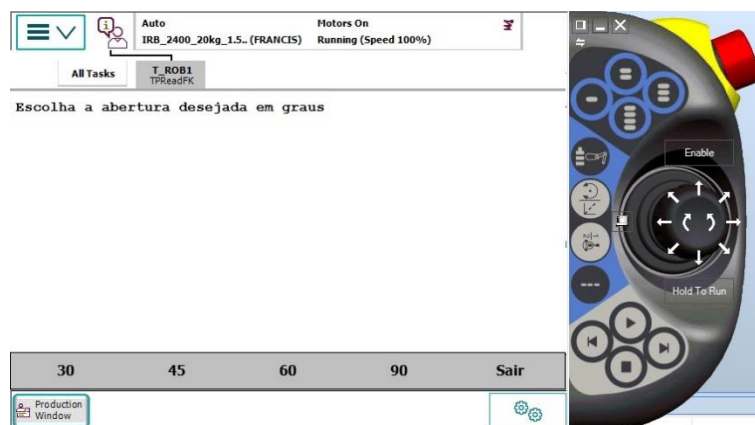


Figura 4.23 - Display caso seja selecionado o lado esquerdo ou direito

Na fase de introdução de variáveis são pedidos ao utilizador que introduza três valores distintos. O primeiro, figura 4.24, é a distância medida na horizontal a que a câmara se deverá posicionar do objeto. O segundo, figura 4.25, é a altura a que a câmara se deve posicionar, medida na vertical, considerando que a altura 0 é medida ao nível do ponto preferencial. O terceiro, figura 4.26, é o ângulo desejado que a câmara faça com a horizontal.

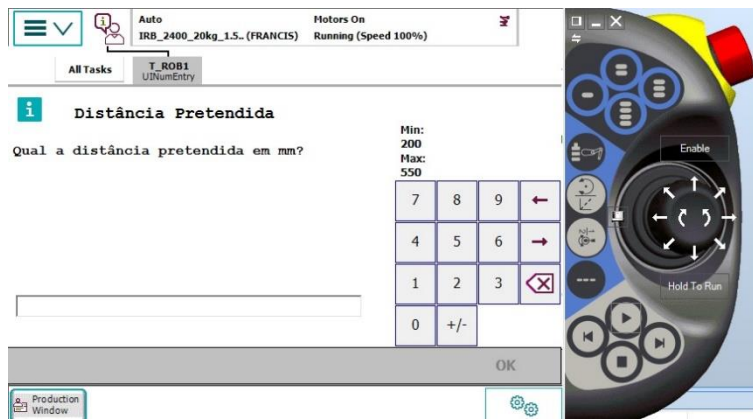


Figura 4.24 - Distância a introduzir medida na horizontal

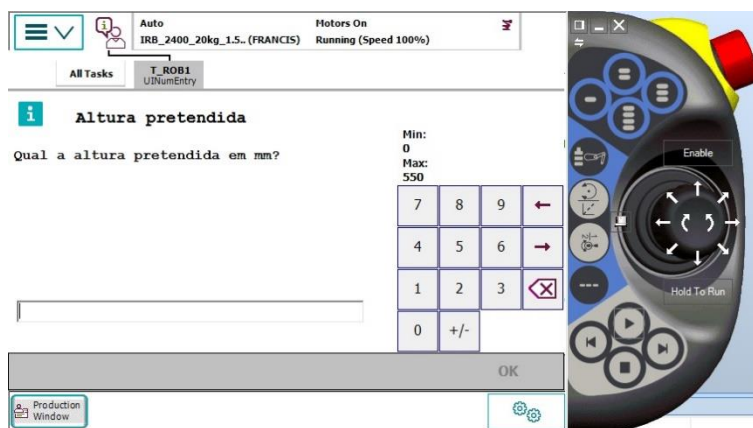


Figura 4.25 - Altura a introduzir medida na vertical

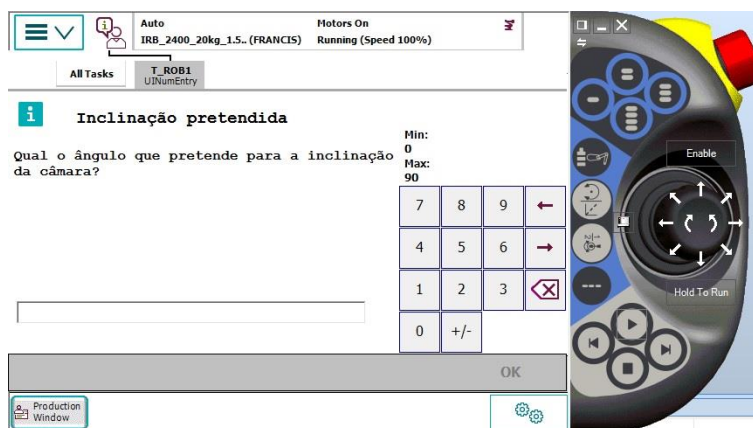


Figura 4.26 - Ângulo que a câmara deverá fazer com a horizontal

É de notar que caso a vista de topo seja seleccionada não irá aparecer a opção para introduzir a distância horizontal. Nesta situação, irá ser pedido ao utilizador que introduza diretamente a altura da câmara.



## 4.5 Modo vídeo

Quando o modo vídeo é selecionado no menu inicial o *display* da consola apresenta a seguinte informação ilustrada na figura 4.27. Estão disponíveis quatro modos distintos para captura de imagens, envolvendo a realização de um percurso.

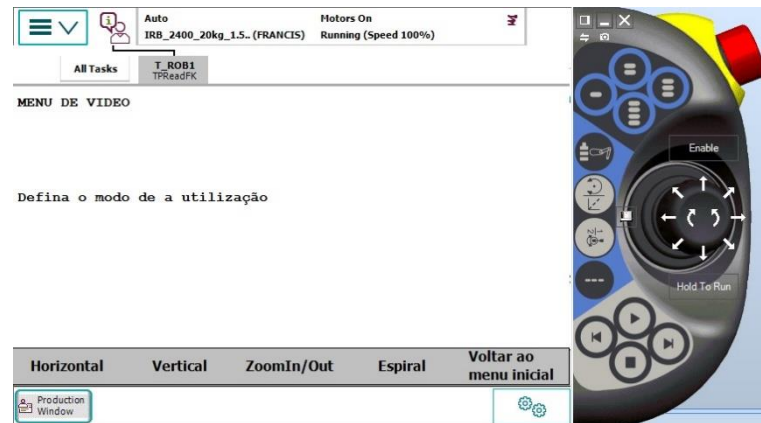


Figura 4.27 - Percursos existentes no modo vídeo

Tanto o modo Horizontal, Vertical e ZoomIn/Out funcionam de modo similar aos apresentados anteriormente para o modo de fotografia com a exceção do aparecimento de uma janela, figura 4.28, que permite a seleção da velocidade pretendida para o robô.

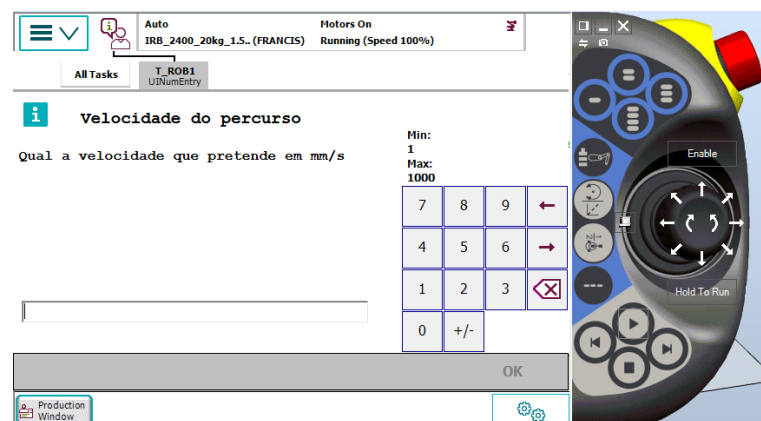


Figura 4.28 – Input da velocidade do percurso no modo vídeo

### 4.5.1 Modo Espiral

O modo espiral pretende introduzir uma série de percursos que obrigam o robô a percorrer um caminho no espaço desenhando uma espiral. O objetivo é dar uma ferramenta ao utilizador que permita uma maior liberdade criativa.

O modelo para este percurso foi criado com recurso ao *software Solidworks* para criar uma espiral de 3 espiras. A maior espira possui 200mm de diâmetro e tem uma altura de 200mm e a sua representação pode ser vista na figura 4.29.

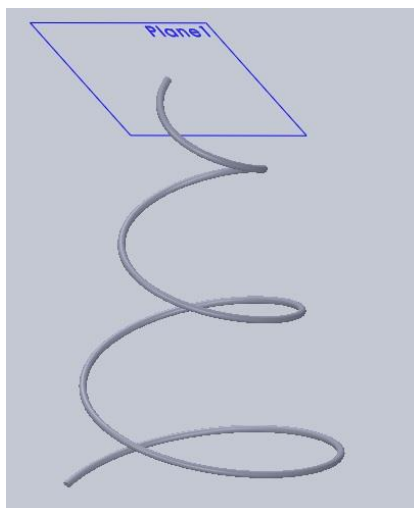


Figura 4.29 - Espiral criada no software Solidworks

A sua colocação no ambiente de trabalho pode ser vista na figura 4.30. Graças à ferramenta *auto-path* no *robotstudio* foi possível a criação de um caminho em torno da mesma.

No entanto após terem sido criados os pontos do percurso foi necessário ajustar a orientação dos mesmos individualmente para o centro uma vez que o *software* não possui uma ferramenta capaz de o fazer automaticamente. Perante esta dificuldade a criação de pontos virtuais não seria uma opção viável uma vez que as orientações iriam ter que ser constantemente ajustadas. Assim sendo e como forma de contornar este problema criou-se um segundo referencial associado somente à espiral com o intuito de permitir ao utilizador rodar e inclinar o referencial movendo assim os pontos pertencentes ao caminho da espiral. Este controlo é feito através da conjugação dos mesmos passos referidos no modo horizontal e vertical. Primeiro o lado da peça que se pretende filmar tem que ser definido, depois escolhe-se o ângulo de abertura e finalmente decide-se a inclinação que a câmara irá ter. E só após a definição destes parâmetros é que o percurso é iniciado.

Como o comprimento da espiral é praticamente igual ao espaço existente entre as duas esferas de referência não é dada a possibilidade de ser definida uma distância. No entanto o utilizador pode escolher como quer percorrer o caminho. Se escolher no sentido descendente a câmara irá começar o trajeto no ponto mais afastado do objeto fazendo um percurso de aproximação ao mesmo. Caso seja escolhido o trajeto ascendente irá acontecer o inverso, ou seja, a câmara irá começar o seu percurso no ponto mais próximo do objeto afastando-se com o tempo. Como em todos os restantes percursos incluídos no modo vídeo também é possível selecionar a velocidade desejada para a realização do mesmo.

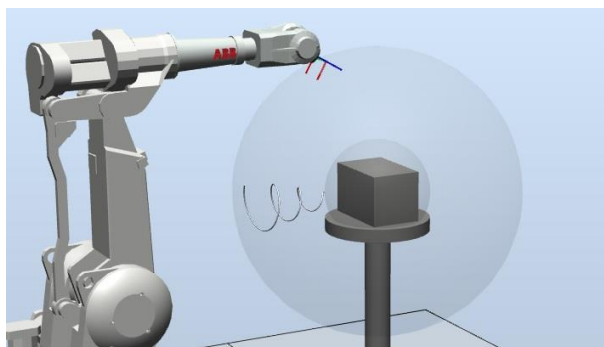


Figura 4.30 - Incorporação da espiral no ambiente de trabalho

## 5 Conclusões e trabalhos futuros

### 5.1 Conclusões

A utilização de robôs industriais nas artes, mais especificamente na área da fotografia/vídeo é ainda muito reduzida. Tal facto deve-se não só ao custo elevado que uma solução robótica acarreta mas também a pouca oferta de soluções de programação expeditas para a utilização de robôs nesta área. A necessidade de conhecimento na área da programação de robôs para operar um equipamento deste tipo pode também limitar a utilização de soluções robóticas para este fim. Para além destes aspetos para muitos profissionais da área da fotografia a utilização de soluções de posicionamento de câmaras fotográficas e mesas motorizadas, de complexidade reduzida, já constituem soluções que permitem ter um nível de automação adequado à produção de fotografias/vídeo de produto. No entanto a utilização de robôs industriais pode ser justificada para aplicações mais exigentes em termos de automatização e complexidade de movimentos a implementar.

A utilização do *software Robotstudio* no desenvolvimento da aplicação para implementação da célula robótica para posicionamento dinâmico da câmara fotográfica foi extremamente benéfica graças à facilidade com que este é programado. Isto permite que toda a estrutura do programa, desde a criação da célula, passando pela implementação do código até às simulações finais, seja desenvolvida sem ser necessário ter de recorrer a uma célula física. Existe assim maior liberdade a nível da programação pois permite que várias soluções sejam testadas de forma segura e eficaz.

A utilização da consola *flexpendent*, disponibilizando um ecrã tátil, permite ter uma interface acessível e intuitiva, permitindo ao utilizador operar o robô de forma expedita e simplificada.

A análise da solução final permite retirar algumas conclusões ao nível do funcionamento da célula

O robô selecionado tem um alcance reduzido o que, em conjunto com as lentes consideradas, condicionam o espaço útil disponível para o posicionamento da câmara em relação ao objeto de referência. Desta forma a dimensão do produto que pode ser considerada na utilização da célula robótica é limitada. No entanto a consideração de utilização de robôs de maior alcance e lentes de menores distâncias focais permitiria a utilização de produtos de maiores dimensões. O facto da célula robótica ter sido pensada para ter o produto em posição fixa e o robô a movimentar/posicionar a câmara limita também a flexibilidade da sua utilização do robô. A possibilidade de posicionar o produto numa mesa variável, de um ou mais eixos, não só facilitaria a obtenção de múltiplos planos de fotografia/vídeo como iria também possibilitar um maior aproveitamento do espaço de trabalho do robô.

A programação desenvolvida recorrendo à criação de pontos virtuais permite dispor de um código significativamente mais curto. A seleção das configurações do robô a utilizar em cada ponto envolveu a necessidade de uma validação prévia de modo a poder ser programada automaticamente à sua escolha. A programação desenvolvida disponibiliza dois modos de funcionamento: modo de fotografia e modo de vídeo. No modo de fotografia permite configurar quatro tipos de percurso que

se revelaram de fácil configuração para um utilizador que não seja especialista em programação de robôs. Do mesmo modo, no modo de vídeo, é possível configurar um movimento da câmara em espiral de forma expedita, o que constitui uma funcionalidade que não é fácil de dispor em soluções não robotizadas.

Carecendo de ter sido testada em ambiente real a simulação do sistema em ambiente virtual permitiu validar a programação desenvolvida na implementação de procedimentos de fotografia e vídeo de produto.

## 5.2 Trabalhos futuros

De forma a complementar o trabalho realizado nesta dissertação sugere-se a implementação da programação desenvolvida na célula robótica existente no laboratório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Para esse efeito será necessário construir um suporte capaz de acomodar diferentes câmaras fotográficas/vídeo a montar no elemento terminal do robô.

Sugere-se também que seja explorada a temática da iluminação na fotografia de produto. Como parte fundamental deste género de fotografia seria interessante utilizar um robô de forma a manipular um foco de luz, de modo a ser posicionado de forma dinâmica.

Por fim seria interessante acrescentar novos modos de funcionamento ao programa já existente que tirassem partido da possibilidade de utilizar mesas de posicionamento para o produto.

## Referências Bibliográficas

1. Daniel Boschung, Making of, consultado dia 7 de Março de 2016. URL: <http://www.robophot.com/making-of/>
2. Team Kolor, Interview: Daniel Boschung, consultado dia 8 de Abril de 2016. URL: <http://www.kolor.com/2014/04/01/interview-daniel-boschung-robophot-art-cartography-face-cartography/>
3. Dan Havlik, Posted in Gear & Equipment, consultado dia 8 Abril de 2016. URL: <http://www.danielboschung.com/about/media-index-page/interviews-faq/english/>
4. MrMoco, Bolt, consultado dia 15 de Março de 2016. URL: <http://www.mrmocorentals.com/equipment/bolt/>
5. Flair Motion Control Software
6. Flair Software Manual, da empresa MrMoco, consultado dia 16 de Março 2016
7. The Marmalade, Spike, consultado dia 18 de Março de 2016. URL: <https://www.themarmalade.com/spike/>
8. The World Technology Network 2015 Awards, consultado dia 20 de Março de 2016. URL: <http://www.wtn.net/summit-2015/world-technology-awards-winners>
9. Robotic arm pioneers new high speed video techniques, consultado dia 20 de Abril de 2016. URL : <https://followingtomorrow.wordpress.com/2012/11/27/robotic-arm-pioneers-new-high-speed-video-techniques/>
10. Drones: What are they and how do they work, consultado dia 30 de Março de 2016. URL : <http://www.bbc.com/news/world-south-asia-10713898>
11. Elizabeth Howell, What is a drone, consultado dia 30 de Março de 2016. URL: <http://www.space.com/29544-what-is-a-drone.html>
12. Worten, consutado dia 2 de Abril de 2016. URL: <https://www.worten.pt/inicio/imagem-e-som/vida-ativa/drones/drone-aee-toruk-c-camara-integrada.html>
13. Rain Noe, Car Studio Photography Set-Ups, consultado dia 4 de Abril de 2016. URL: <http://www.core77.com/posts/21672/car-studio-photography-set-ups-21672>
14. Ryan, How to Shoot Timelapse Photography: The Massive Updated Tutorial, consultado dia 5 de Abril de 2016. URL: <http://www.learntimelapse.com/time-lapse-photography-how-to-guide/>
15. Dave Andersen, Time-Lapse: Getting Started, consultado dia 5 de Abril de 2016. URL: <http://www.fastforwardtime.co.uk/dslr-rig-power-options>
16. Syrp, Genie-Mini, consultado dia 5 de Abril de 2016. URL: <https://syrp.co.nz/products/genie-mini>

17. Rhino, Time-lapse sliders, consultado dia 5 de Abril de 2016. URL: <https://rhinocameragear.com/collections/time-lapse-sliders>
18. Rhino, Rhino Slider evolution Carbon,, consultado dia 5 de Abril de 2016. URL: <https://rhinocameragear.com/products/rhino-slider-evo-carbon>
19. Chris Hansen Productions, Dream Jobs, consultado dia 6 de Abril de 2016. URL: <http://chrishansenproductions.com/category/sports/>
20. Sonam, Product Photography definition and other details, consultado dia 8 de Abril de 2016. URL: <http://blog.stormcart.in/product-photography-definition-and-other-details/>
21. Tyler Kapper, How To Master Product Photography on a Tight Budget, consultado dia 25 de Julho de 2016. URL: <https://www.bigcommerce.com/blog/how-to-rock-product-photography-on-a-budget/>
22. Zero Designs, Creative and Special Effects Product Photography for online business, consultado dia 8 de Abril de 2016. URL: <http://www.zerodesigns.in/blog/creative-and-special-effects-product-photography-for-online-business>
23. Eric Goodnight, HTG Explains: Cameras, Lenses, and How Photography Works, consultado dia 10 de Abril de 2016. URL: <http://www.howtogeek.com/63409/htg-explains-cameras-lenses-and-how-photography-works/>
24. Digital Technology Art, Angle Field of View, consultado dia 12 de Abril de 2016. URL: <http://www.digitaltechnologyart.com/angle-field-of-view.html>
25. Nasim Mansurov, Understanding Aperture – A Beginner’s Guide, consultado dia 17 de Julho de 2016. URL: <https://photographylife.com/what-is-aperture-in-photography>
26. Nasim Mansurov, Understanding ISO –A Beginner’s Guide, consultado dia 17 de Julho de 2016. URL: <https://photographylife.com/what-is-iso-in-photography>
27. Diane Berkenfeld, The DX and FX formats, consultado dia 29 Março de 2016. URL: <http://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/article/g588ouey/the-dx-and-fx-formats.html>
28. Digital Photography Sensor Size, consultado dia 29 de Março de 2016. URL: <http://www.dslr360.com/digital-photography-sensor-size-2014-09>
29. E.J.Peiker, Angle of view tables for lenses, consultado dia 29 de Março de 2016. URL: <https://www.naturescapes.net/forums/viewtopic.php?f=57&t=219190&view=print>
30. Nasim Mansurov, Understanding Shutter Speed – A Beginner’s Guide, consultado dia 17 de Julho de 2016. URL: <https://photographylife.com/what-is-shutter-speed-in-photography>
31. Adam Dachis, How to Remotely Control Your Digital Camera to Take Better Photos, Create Awesome Timelapse Videos, and More, consultado dia 30 de Junho de 2016. URL: <http://lifesacker.com/5898247/how-to-remotely-control-your-digital-camera-to-take-better-photos-create-awesome-timelapse-videos-and-more>
32. ABB, IRB 2400 Industrial Robot, consultado dia 20 de Fevereiro de 2016. URL: [https://library.e.abb.com/public/2b39ae6c4d2348b6990df06516b39caf/IRB2400\\_PR10034E\\_N\\_R8.pdf](https://library.e.abb.com/public/2b39ae6c4d2348b6990df06516b39caf/IRB2400_PR10034E_N_R8.pdf)